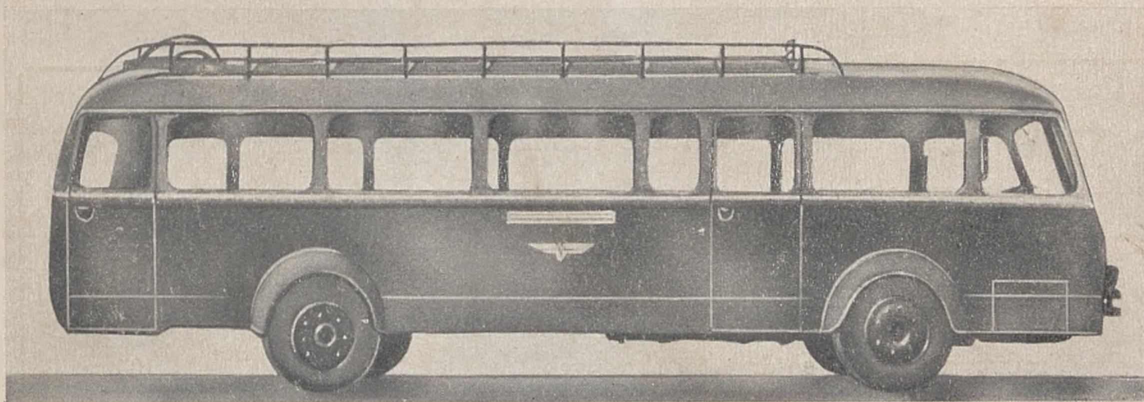
PRZEGLĄD MOTORYZACYJNY

THE POLISH MOTOR DIGEST



EDINBURGH Nr. 16 CZERWIEC 1946
WYDAWNICTWO SEKCJI MOTORYZACYJNEJ STOWARZYSZENIA TECHNIKÓW POLSKICH W WIELKIEJ BRYTANII

TREŚĆ NUMERU

PRZEGLĄD MOTORYZACYJNY

WYDAWNICTWO SEKCJI MOTORYZACYJNEJ STOWARZYSZENIA TECHNIKÓW POLSKICH W WIELKIEJ BRYTANII

Adres Redakcji i Administracji - Charleshill, near Aberdour, Fife, Gt. Britain

Cena numeru - 2/- **Prenumerata: Roczna (za rok 1946) - sh. 15/-**
Półroczna (lipiec-grudzień 1946) - sh. 9/-

Czerwiec 1946r. Nr. 16

NOWOCZESNY OLEJ SAMOCHODOWY

Inż. B. Kasiński, W.I.T.

W ostatnich latach rozwinęły się możliwości produkcji syntetycznych olejów smarowych, a niektóre z tych olejów są lepsze, pod względem pewnych własności, od olejów mineralnych, produkowanych z ropy naftowej. W Stanach Zjednoczonych zgłoszono do końca 1945 roku 370 patentów związanych z produkcją olejów syntetycznych. Jednak koszt produkcji tego rodzaju olejów wynosi w Ameryce od 60 centów do 2 i pół dolara za kilogram, przy cenie dobrego oleju mineralnego, wynoszącej 3 do 10 centów za kilogram. Czynnik kosztów zadecydował, że oleje syntetyczne nie znalazły dotychczas szerszego zastosowania. Stosowane są na małą skalę i do celów bardzo specjalnych, np. do amortyzatorów i systemów hydraulicznych samolotów.

Powszechnie stosowanym olejem do silnika samochodowego jest olej mineralny, którego metody produkcji uległy jednak dużym zmianom, dając produkt znacznie ulepszony. Najważniejsze własności oleju z punktu widzenia zachowania się jego w silniku, uległy znacznej poprawie, dzięki zastosowaniu nowych metod rafinacyjnych, zapoczątkowanych przed kilkunastu laty, a których użycie rozpowszechniło się na wielką skalę w ostatnich kilku latach.

Ostatnio wprowadzono w użycie szereg dodatków, udoskonalających gatunek oleju. Olej mineralny stanowi składnik podstawowy, zaś różne związki syntetyczne, użyte w małych ilościach (od ułamka procentu do 2 procent, licząc na olej), polepszają jego własności. Daje to w wyniku oleje bardziej trwałe, zachowujące się lepiej w różnych warunkach pracy silnika, wytwarzające mniej osadów silnikowych, mniej korozyjne. Wpływa to na przedłużenie życia silnika, przedłużenie okresów jego pracy między koniecznościami czyszczenia i napraw, daje oszczędność oleju.

Niema prostej metody, którąby pozwalała na ocenę wartości oleju jako środka smarującego. Wnioski można wyciągać albo na podstawie badania stanu silnika i stanu oleju przepracowanego w nim, po dłuższym okresie biegu silnika, albo też przewidywać zgóry jak dany olej będzie się zachowywał w silniku, biorąc pod uwagę cały szereg własności fizycznych i chemicznych oleju. Poniżej zostaną omówione ważniejsze własności olejowe, z uwzględnieniem wpływu, jaki wywierają na smarowanie, konserwację silnika i trwałość samego oleju.

LEPKOŚĆ (WISKOZA) I INDEKS LEPKOŚCIOWY (WISKOZOWY) OLEJU

Lepkość wyraża opór przeciwko przesuwaniu się względem siebie warstewek oleju w filmie smarującym. Charakteryzuje ona wewnętrzną spoistość oleju.

Ze względu na zmniejszenie oporu tarcia, łatwość dopływu oleju do punktów smarowania, łatwość startu silnika w niskiej temperaturze, zdolność odprowadzania ciepła, wskazanem byłoby wybranie oleju o możliwie niskiej lepkości. Z drugiej strony, za stosowaniem oleju o lepkości wyższej przemawiają takie względy, jak trwałość filmu olejowego, odgraniczającego dwie powierzchnie smarowane, oraz wzgląd na konsumcję oleju przez silnik (zależną od łatwości przedostawania się oleju przez pierścienie tłoka do komory spalania), od czego zależy również ilość wytwarzanych osadów węglowych w silniku. Lepkość musi być więc dobrana kompromisowo, przy uwzględnieniu powyższych czynników, oraz warunków temperatury, wielkości nacisków międzypowierzchniowych, szybkości liniowej powierzchni trących, wielkości luzów międzypowierzchniowych.

Oleje mineralne mają tę wyższość nad innymi środkami smarującymi o prostszym składzie, że mogą być wytwarzane w gatunkach o dowolnej gradacji lepkości, w granicach zaspakajających wymagania wszelkich typów silników samochodowych.

Lepkość wszystkich olejów zmniejsza się przy wzroście temperatury. Spadek lepkości jest jednak różny dla różnych typów olejów. Jest on charakteryzowany za pomocą t. zw. indeksu lepkości (indeksu wiskozowego), który jest cyfrowym wyrażeniem przeciętnego nachylenia krzywej lepkości przy zmianie temperatury oleju między 100 F. (37,8 C.) i 210 F. (98,9 C.). Im cyfra, wyrażająca indeks

lepkościowy jest wyższą, tym lepkość oleju ulega mniejszej zmianie przy zmianach temperatury. Dla oleju uważanego przed kilkunastu laty za najlepszy, pod względem małej wrażliwości lepkości na temperaturę (olej pensylwański), przyjęto indeks lepkościowy za równy 100, zaś dla najgorszego pod tym względem oleju amerykańskiego (z nad zatoki meksykańskiej), za równy zeru.

Przy stosowaniu olejów o niskim indeksie lepkościowym zachodzi niebezpieczeństwo, że lepkość, wybrana dla temperatury normalnej pracy silnika będzie tak wysoką w temperaturze rozruchu silnika (zwłaszcza w warunkach zimowych), iż olej będzie zbyt mało płynnym aby mógł być doprowadzonym do punktów smarowania. Przy stosowaniu takich olejów, zużycie części silnikowych będzie bardzo poważne, z powodu niedostatecznego smarowania w okresach zimnych startów, do czasu zagrzania się oleju do temperatury jego normalnej pracy, (okres ten trwa przeciętnie około 20 minut).

W amerykańskich normach dla zimowych olejów silnikowych, obok podanej lepkości w temperaturze, zbliżonej do temperatury oleju w karterze podczas normalnej pracy silnika, określona jest dopuszczalna maksymalna lepkość oleju w temperaturze 0° F. (-17,8° C.).

Nowoczesne metody rafinacyjne pozwalają na otrzymanie nawet z surowców, które dawniej uważane były za nie nadające się do przeróbki na oleje silnikowe, olejów o indeksach lepkościowych, leżących znacznie powyżej 100, a więc lepszych pod tym względem od olejów, produkowanych poprzednio z najlepszych surowców (rop pensylwańskich).

Indeks lepkościowy może być również podwyższony przez dodatek do oleju pewnych składników syntetycznych. Ze względu na ich wysoki koszt, są one jednak używane oszczędnie.

SMARNOŚĆ OLEJU

Smarność jest własnością, wpływającą na trwałość filmu olejowego, oddzielającego dwie powierzchnie metalu. Wyraża zdolność zwilżania powierzchni metalicznej olejem i zależy od siły, z jaką ta powierzchnia adsorbuje cząsteczki olejowe. Oznacza różnicę w wielkości tarcia przy użyciu dwóch olejów o równej lepkości. Może być oznaczaną przez mierzenie ilości ciepła, wywiązującego się podczas zwilżania metalu olejem.

Olej mineralny jest mieszaniną wielkiej ilości różnych związków, z pośród których olbrzymią przewagę stanowią węglowodory różnych typów, obok stosunkowo małej ilości związków zawierających inne składniki poza węglem i wodorem. Czyste węglowodory posiadają stosunkowo niewielką smarność. Powierzchnia metalu adsorbuje z oleju składniki, będące bardziej ,,aktywnymi'' względem niej. Niestety, te więcej smarne składniki są przeważnie nietrwałe, ulegają w silniku oksydacji i polimeryzacji, wytwarzając szkodliwe osady, powodują często korozję metalu. Przy rafinacji oleju są w dużej mierze usuwane, wraz z innymi niepożądanymi związkami. Dlatego olej silnie rafinowany jest mniej smarnym od oleju rafinowanego słabiej.

Rafinacja konieczną jest dla zapewnienia trwałości oleju, odporności na oksydację i koksowanie, usunięcia skłonności do korodowania, oraz w celu podwyższenia indeksu lepkościowego. Dlatego obecnie, tam gdzie smarność oleju dobrze rafinowanego nie jest wystarczającą, wzmacnia się ją, przez dodatek do oleju małej ilości związków, bardziej ,,aktywnych'' wobec powierzchni metalu, związków o znanych własnościach, możliwie najmniej szkodliwych pod względem korozji i pogarszania innych własności oleju.

Smarność dobrze rafinowanego, czystego oleju mineralnego jest wystarczającą dla warunków, panujących w silnikach samochodowych. Natomiast dodatki, podwyższające smarność oleju, stosowane są w wypadku występowania bardzo wysokich nacisków międzypowierzchniowych, przede wszystkim w przekładniach ślimakowych i hypoidalnych.

OKSYDACJA OLEJU I WYTWARZANIE OSADÓW SILNIKOWYCH

Silnik samochodowy jest zespołem, w którym istnieją idealne warunki dla oksydacji oleju. Przyczynia się do tego wysoka temperatura, duża powierzchnia rozbryzgiwanego. gorącego oleju, wystawiona na działanie powietrza, oraz katalityczne działanie metalu. Wśród metali, żelazo jest jednym z najsilniejszych katalizatorów, przyśpieszających utlenianie oleju.

Oksydacja prowadzi do gęstnienia oleju (na skutek polimeracji produktów utlenienia) ,wytwarzania w nim kwaśnych związków korodujących metal, powstawania szkodliwych osadów silnkowych, psucia się koloru oleju. Zmusza do częstej wymiany oleju, podwyższając koszt smarowania.

Osady silnikowe występują w rozmaitych formach. Jedną z nich jest osad koksowy, przylegający silnie do powierzchni tłoka i cylindrów. Powoduje on zaburzenia w pracy silnika, jest ścierającym, rysuje i niszczy powierzchnię metalu. Mniej szkodliwymi są osady w formie puchu węglowego, wydmuchiwane przeważnie z gazami spalinowymi. Inną formą są osady lakierowe i gumiaste. Te powodują zaklejanie zaworów i pierścieni tłokowych, uniemożliwiając ich prawidłową pracę. Do innej kategorii należą znów osady szlamowe, lub t. zw. ,,fusy'' olejowe, które osadzając się w przewodach olejowych, mogą je zatykać, uniemożliwiając smarowanie.

Od odporności stosowanego oleju na oksydację i wytwarzanie osadów zależy w dużym stopniu długość życia silnika oraz długość okresów jego pracy, między koniecznością czyszczenia, napraw i wymiany części. Do tej własności oleju silnikowego przywiązuje się więc obecnie bodajże największą wagę.

Zapobieganie szkodliwemu działaniu osadów olejowych idzie jednocześnie w kilku kierunkach: 1) usuwania z oleju, przez odpowiednią rafinację, składników skłonnych do koksowania i mało odpornych na oksydację, 2) stosowania dodatków do oleju pewnych związków, opóźniających utlenianie (antyoksydantów), 3) stosowanie t. zw. ,,dodatków czyszczących'', powodujących to, że osady wytwarzane utrzymywane są w oleju w formie najmniej szkodliwej, łatwej do usunięcia przez filtry olejowe.

Nowoczesne metody rafinacji dają obecnie olej znacznie ulepszony pod względem odporności na wytwarzanie osadów. Rafinacja polegająca na selektywnej ekstrakcji i wytrącaniu składników wrażliwszych na oksydację i koksowanie, jednocześnie poprawia i indeks lepkościowy oleju.

Stosowanie dodatków, opóźniających oksydację oleju rozpowszechniło się na dużą skalę. Większość olejów silnikowych, używanych w Stanach Zjednoczonych i Anglii, zawiera obecnie te dodatki. Podwyższają one nieco cenę oleju, lecz użycie ich uznane zostało za opłacalne.

Różne typy olejów posiadają różne skłonności pod względem wytwarzania pewnych form osadów. Tak się nieszczęśliwie składa, że oleje o lepszych indeksach lepkościowych i odporniejsze na oksydację (oleje t.zw. ,,typu parafinowego''), choć wytwarzają znacznie mniej osadów, jednak dają je w formie przykrzejszej, mniej ,,strawnej'' dla silnika. Naodwrót, oleje o stromej krzywej temperaturowej lepkości, łatwiej utleniającej się (oleje t. zw. typu ,,naftenowego'), wytwarzają wprawdzie znacznie więcej osadów, lecz jednocześnie posiadają skłonność wydzielania większości ich w formie drobniejszej zawiesiny, utrzymywanej wewnątrz oleju i odpływającej wraz z nim, co umożliwia następnie usunięcie dużej części ich przez filtr olejowy. Część osadów jednak, istniejąca w formie koloidalnej, przechodzi przez stosowane obecnie filtry olejowe.

Przy wyborze oleju dla dużych, stałych silników Diesel'a isnieje pogląd, że raczej korzystniejszym jest wybranie tego drugiego typu oleju, t. j. posiadającego mniejszą odporność na oksydację, lecz silniejsze własności ,,czyszczące''. Natomiast przy olejach samochodowych niemożliwym jest rezygnowanie z wysokiego indeksu lepkościo-

wego i trwałości oleju. Dlatego też oleje silnikowe rafinowane są w sposób, podwyższający możliwie indeks lepkościowy i odporność na oksydację. O ile warunki pracy oleju tego wymagają, wzmacnia się taki olej przez dodatek ,,antyoksydantów'', zaś oleje przeznaczone dla najcięższych warunków pracy, zawierają oprócz tego jeszcze dodatki ,,czyszczące'' silnik.

Wprowadzenie dodatków ,,czyszczących'' do olejów przeznaczonych dla samochodów armii amerykańskiej i angielskiej nastąpiło podczas ostatniej wojny. Okazały się one bardzo korzystnymi dla konserwacji silnika, podwyższyły stan ,,gotowości'' samochodów do pracy, zmniejszyły ilość koniecznych czyszczeń i napraw.

Zastosowanie oleju, zawierającego dodatek czyszczący, do silnika zabrudzonego podczas poprzedniego użycia nieodpowiedniego oleju, zmniejsza w krótkim czasie ilość osadów pozostawionych poprzednio w silniku. Olej taki posiada więc własność pochłaniania nawet już wytworzonych osadów i usuwania ich.

Przy stosowaniu olejów, zawierających składnik ,,czyszczący'', zanotowano w silnikach ciężkich pojazdów mechanicznych zmniejszoną ilość wytwarzanych twardych osadów o 60-75%, w porównaniu do stanu, gdy w tym samym okresie czasu pracy silnika stosowany był olej, nie zawierający powyższych dodatków.

Użycia środka ,,czyszczącego'' ma i swoje ujemne strony. Na skutek rozpuszczania osadów ,,lakierowych'', wytwarzanych z oleju, które do pewnego stopnia spełniają rolę powłoki ochronnej, metal narażonym jest na większe korozje. Konsumcja oleju przez silnik nieco się podwyższa. Filtry olejowe są bardziej obciążone i ich sprawność szybko się zmniejsza. Wreszcie olej, zawierający dodatek czyszczący, po krótkim okresie pracy ma wygląd brudny, z powodu wchłaniania koloidalnych zawiesin węglowych. Sprawia to wrażenie, że olej bardzo szybko się psuje, co zraża do niego użytkowników samochodów.

Biorąc pod uwagę powyższe względy, przemawiające za i przeciw używaniu środków ,,czyszczących'' uznano, że po wojnie będą przeważnie używane do samochodów osobowych oleje nie zawierające dodatków czyszczących, natomiast zaleca się używanie olejów ze środkami ,,czyszczącemi'' dla silników benzynowych, a zwłaszcza silników Diesel'a, stosowanych w autobusach, samochodach ciężarowych i traktorach.

KOROZYJNOŚĆ OLEJU

Własność ta wiąże się ściśle z odpornością oleju na oksydację. Oleje silnikowe świeże są na ogół niekoryzyjne. Kwaśne substancje, korodujące metal wytwarzają się podczas reakcji utleniania części składników oleju.

Zapobieganie korozji przez olej idzie więc przedewszystkiem w kierunku stosowania olejów odpornych na oksydację, dalej — przez użycie dodatków olejowych przeciwkorozyjnych i wreszcie — przez dobór materiałów silnikowych, odporniejszych na tego rodzaju korozję.

Dodatki przeciw-korozyjne stosowane są obecnie na dużą skalę i większość olejów, używanych w Stanach Zjednoczonych i Anglii zawiera je.

Jak wspomniano poprzednio, korozja wzmaga się przy użyciu środków ,,czyszczących''. W jednym wypadku zanotowano 9 krotnie większą korozję łożysk silnika przy użyciu oleju, zawierającego składnik czyszczący w porównaniu z korozją, spowodowaną użyciem oleju, nie zawierającego tego środka. Dlatego też z reguły do olejów, zawierających środki ,,czyszczące'', dodaje się również środki przeciw-korozyjne.

Dodatki przeciw-korozyjne działają przedewszystkiem przez izolację powierzchni metalu (przez którą są silnie adsorowane) od reszty oleju.

PIENIENIE SIĘ OLEJU

Olej w silniku, na skutek rozbryzgiwania go w otoczeniu powietrza i wskutek mieszania przez pompkę olejową, tworzy z powietrzem emulsję. Podczas wojny spostrzeżono w wojskowych pojazdach amerykańskich dość duże niedomagania silników, z powodu niedokładności smarowania, spowodowanej obecnością owej emulsji.

Powołano specjalną komisję do badania tego zagadnienia i jako wynik prac tej komisji nastąpiło w roku 1943 wprowadzenie do olejów silnikowych, używanych w wojskowych pojazdach mechanicznych, jeszcze jednego dodatku — środka przeciw pienieniu się oleju.

PUNKT KRZEPNIĘCIA OLEJU

Jest to temperatura, w której olej, na skutek oziębiania go, ulega galareceniu i nie daje się łatwo pompować i doprowadzać do punktów smarowania.

Skutki, spowodowane stosowaniem oleju o zbyt wysokim punkcie krzepnięcia, będą więc takie same, jak skutki powodowane użyciem oleju o niskim indeksie lepkościowym, posiadającego zbyt dużą lepkość w temperaturze rozruchu zimnego silnika. Do czasu zagrzania się oleju, smarowanie będzie bardzo ograniczone i zużywanie się silnika w tym okresie będzie znaczne.

Wymagania, odnośnie punktu krzepnięcia oleju, są oczywiście różne, zależnie od klimatu i od pory roku. W użyciu są zwykle dwa gatunki oleju: ,,zimowy'' o niskim punkcie krzepnięcia, oraz ,,letni'', dla którego punkt ten może być wyższym.

Rafinacja (odparafinowanie), obniżająca punkt krzepnięcia oleju do temperatur, leżących znaczniej poniżej zera, jest bardzo kosztowną. Znane są jednak i często są używane do olejów ,,zimowych'' substancje syntetyczne, których dodatek w małych ilościach (przeważnie $\frac{1}{2}$ do $1\frac{1}{2}$%), obniża znacznie punkt krzepnięcia oleju. Są to związki wysoko-cząsteczkowe, podobnego typu, jak używane do podwyższania indeksu lepkościowego, z tą różnicą, że do ostatniego celu dodatek ich wymagany jest w większych ilościach.

CIEPŁO WŁAŚCIWE

Ciepło właściwe oleju mineralnego zależne jest w niewielkim stopniu od jego gatunku. Dla olejów silnikowych, przy temperaturze 20°C. leży ono w granicach 0.40-0.45, przyczym jest nieco wyższe dla olejów lżejszych niż dla olejów cięższych. Jest o kilka procent wyższe dla olejów o wysokim indeksie lepkościowym (oleje typu ,,parafinowego'') w porównaniu z olejami o niskim indeksie (oleje typu ,,naftenowego''). Ma to jednak pewne znaczenie tam, gdzie zależy na odprowadzeniu możliwie dużych ilości ciepła przez olej. Ciepło właściwe oleju wzrasta ze wzrostem temperatury jego i wynosi w 200°C. dla olejów silnikowych ok. 0.60-65.

ROZCIEŃCZANIE OLEJU PALIWEM

Zjawisko to nie zależy bezpośrednio od jakości używanego oleju smarowego, stopień jednak rozcieńczenia paliwem ma bardzo duży wpływ na własności oleju.

Stopień rozcieńczenia oleju silnikowego zależy od szeregu różnych czynników: temperatury oleju w karterze, intensywności przewietrzania karteru, od stopnia obciążenia silnika, a w pierwszym rzędzie — od stanu silnika, stopnia zużycia cylindrów i sprawności działania pierścieni tłokowych.

Rozcieńczenie oleju bywa silniejsze w zimie niż w lecie (niższa temperatura, słabsze odparowanie benzyny). Intensywniejsze przewietrzanie karteru działa dwukierunkowo: przez obniżanie temperatury oleju w karterze sprzyja rozcieńczeniu, zaś przez szybsze usuwanie odparowującej benzyny, zmniejsza jej ilość w oleju. Benzyny gorzej frakcjonowane, zawierające więcej ciężkich składników, powodują silniejsze rozcieńczanie oleju. Bogate mieszanki paliwowe dają większe rozcieńczanie oleju od mieszanek ubogich.

Rozcieńczenie świeżego oleju silnikowego następuje bardzo szybko, poczym ustala się w praktyce pewnego rodzaju stan równowagi — ilość benzyny odparowującej

z oleju, odpowiada ilości benzyny przeciekającej do oleju. Stopień, na jakim ustali się rozcieńczenie paliwem, zależy od wymienionych czynników.

Za normalne rozcieńczenie uważane jest rzędu około 5% benzyny, w odniesieniu do oleju. Przy złym stanie silnika i przy innych warunkach sprzyjających rozcieńczaniu, może ono dojść do 20%.

Rozcieńczanie benzyną zmniejsza gwałtownie lepkość oleju. Tak np. dla jednego oleju silnikowego, o średniej lepkości, po rozcieńczeniu go benzyną w ilości 5%, lepkość spadła o 40%, przy 10% benzyny o 65 procent, zaś przy 15% benzyny o 75%. Rozcieńczenie benzyną zmniejsza punkt krzepnięcia oleju. Przy rozcieńczeniu 5% spadek punktu krzepnięcia wynosi 3-6° C. zaś przy 10% dochodzi do 10° C.

Wychodząc z założenia, że własności czystego oleju silnikowego mogą wprowadzać w błąd użytkowników samochodów, gdyż własności te ulegają bardzo szybkiej zmianie, na skutek rozcieńczenia paliwem, jedna z najpoważniejszych firm naftowych amerykańskich dostarcza konsumentom olej silnikowy, rozcieńczony 5% benzyny. Własności takiego oleju ulegają już mniejszym zmianom w czasie jego pracy.

KONSUMPCJA OLEJU PRZEZ SILNIK

Konsumpcja oleju zależną jest tylko w małym stopniu od jakości stosowanego oleju, zaś w dużym stopniu od stanu silnika i od stopnia jego obciążenia.

Konsumpcja uważana za normalną wynosi ok. 3cm³ na KM/godz., zaś dla średniego samochodu osobowego jest rzędu 0,2 litra na 100 klm. Przy złym stanie silnika i przeciążeniu jego, może być nawet dziesięciokrotnie wyższą.

Nadmierna konsumpcja oleju przez silnik powiększa iloś osadów koksowych, wytwarzanych przez rozkład oleju i niekompletne spalanie jego w komorze spalania.

Podobny efekt wywołuje użycie złego gatunku paliwa. Przy niekompletnym spalaniu benzyny powstają osady węglowe, zaś sadza osiadająca na ścianach cylindrów zmywaną jest przez olej, zanieczyszczając go.

Uwypukla to współodpowiedzialność za wytwarzanie osadów silnikowych, oraz nawet za szybkość psucia oleju, trzech czynników:

1. jakości stosowanego oleju.
2. jakości stosowanego paliwa.
3. szczegółów konstrukcyjnych i stopnia zużycia silnika.

POWOJENNE AMERYKAŃSKIE OLEJE SILNIKOWE

Ustalono trzy typy olejów silnikowych:

1. zwykły (,,Regular motor oil'')
2. premiowany (,,Premium motor oil'')
3. olej dla pracy w ciężkich warunkach (,,Heavy duty motor oil'').

W każdym z powyższych typów istnieje 7 gatunków, według klasyfikacji na podstawie lepkości oleju. Gatunki te oznaczone są numerami: 10, 20, 30... do 70. Dwa najlżejsze oleje (10 i 20) są dostarczane w dwuch odmianach: zimowej i letniej.

Olej ,,zwykły'' jest czystym olejem mineralnym, olej ,,premiowany'' jest olejem mineralnym zawierającym dodatki opóźniające oksydację i przeciw korozyjne, zaś olej ,,dla pracy w ciężkich warunkach'' zawiera oprócz powyższych dwuch dodatków, jeszcze trzeci — środek ,,czyszczący''.

Wszystkie trzy typy olejów mogą ponadto zawierać również dodatki podwyższające indeks lepkościowy i obniżające punkt krzepnięcia. Użycie tych ostatnich dwuch dodatków uważane jest raczej jako uzupełnienie rafinacji oleju mineralnego.

Olej dla samochodów wojskowych typu ,,Heavy Duty'' (oznaczany jako ,,2-104-B'') zawiera jeszcze dodatek przeciw pienieniu się.

Dla samochodów osobowych wybierane są przeważnie oleje typu 1 i 2 zaś dla pojazdów cięższych, autobusów i samochodów ciężarowych, używane są przeważnie typy 2 i 3.

Stosunek przewidywanego zużycia poszczególnych typów oleju wynosi:

1. olej ,,zwykły''	30%
2. olej ,,premiowany''	45%
3. olej ,,dla pracy w ciężkich warunkach''	25%

Wynika z tego, że użycie dodatków uszlachetniających rozpowszechnia się coraz bardziej, zaś z reguły używane są one w olejach, przeznaczonych dla silników samochodów transportowych (autobusów i ciężarówek).

PRZEWIDYWANIA NA PRZYSZŁOŚĆ

W roku 1945 przeprowadzono w St. Zjednoczonych ankietę, skierowaną do firm produkujących silniki samochodowe, zarówno benzynowe jak Diesel'a, z zapytaniem jak, zdaniem konstruktorów, wpłyną przewidywane w bliskiej przyszłości zmiany konstrukcyjne silników na wymagane własności olejów. W ankiecie wzięło udział 75% wytwórni silników. Z nadesłanych odpowiedzi wynika, że konstruktorzy przewidują zapotrzebowanie dla przyszłych silników, olejów o nieco niższej lepkości od dotychczasowej, chętnie widzieliby oleje o większej trwałości, wydzielające jeszcze mniej osadów i mniej korozyjne. Z drugiej strony obiecują zastosować w nowych samochodach bardziej efektywne filtry olejowe i powietrzne oraz użycie materiałów łożyskowych bardziej odpornych na korozję.

Należy przewidywać, że wymagania konstruktorów silników spowodują konieczność zastosowania dodatków olejowych na jeszcze większą skalę, oraz konieczność poszukiwania związków uszlachetniających własności olejowe, jeszcze bardziej skutecznych.

Jak przedstawiono powyżej, nowe prądy w produkcji olejów silnikowych traktują coraz bardziej sam olej węglowodorowy jako przenośnik drobnej ilości związków, uzupełnianych z zewnątrz, a które decydują o wartości oleju jako środka smarującego.

Nie mniej sposób i stopień rafinacji oleju nie traci na znaczeniu. Własności podstawowego oleju mineralnego wpływają na końcowe własności produktu wzmocnionego dodatkami. Od jakości oleju zależy jego wrażliwość na działanie dodatków uszlachetniających. Dodatki te zużywają się w różnym stopniu podczas pracy oleju w silniku, koniecznym jest więc aby sam olej był również możliwie najlepszym i najtrwalszym środkiem smarującym.

Stosowanie środków uszlachetniających nie jest łatwe. Sam wybór ich jest trudny. Na stosowanie każdego rodzaju z tych środków istnieje w samych Stanach Zjednoczonych całe mnóstwo patentów (np. na środki przeciwkorozyjne zgłoszono do końca 1945 roku 662 patenty). Żadnego z dodatków nie można nazwać najlepszym, gdyż niema między nimi środków uniwersalnych. Działają one w różnym stopniu na różne typy olejów, jak również różnie w różnych warunkach pracy. Istnieją nawet między nimi związki, poprawiające pewną własność jednego typu oleju, zaś pogarszające tę samą własność oleju, posiadającego nieco odmienny skład chemiczny. Niektóre dodatki działają kilku-kierunkowo, poprawiając jednocześnie różne własności oleju, inne — zwalczają się wzajemnie. Niektóre związki dają korzyści przy zastosowaniu ich w olejach, przeznaczonych dla silników benzynowych, lecz nie dają żadnych korzyści przy stosowaniu ich dla silników Diesel'a itd.

Wynika z tego, że zastosowanie środków uszlachetniających, celem otrzymania ulepszonych olejów, musi być poprzedzone przez długotrwałe i uciążliwe badania laboratoryjne i próby silnikowe.

PRODUKCJA WYTWORNIC GAZU WE FRANCJI

*(J. Dalpeyroux *) — „La Technique Moderne", Nr. 15, 16; 1.VII.1943 — „The Engineers' Digest", Vol. 5, No. 2 — February, 1944.)*

Tłumaczył inż. J. Hołowacz, W.I.T.

We Francji, w okresie od 1940 r. do 1941, zastosowano gaz do napędu około 50.000 pojazdów mechanicznych. Tak powszechne zapotrzebowanie tego rodzaju paliwa pociągnęło za sobą pojawienie się na rynku wielkiej ilości typów wytwornic tak, że w końcu 1941 r. można było spotkać ich aż 450 różnych typów.

Ministerstwo Przemysłu i Produkcji, zdając sobie sprawę z niewygód jakie mogą powstać przy takiej różnorodności, postanowiło zreorganizować tę gałąź produkcji.

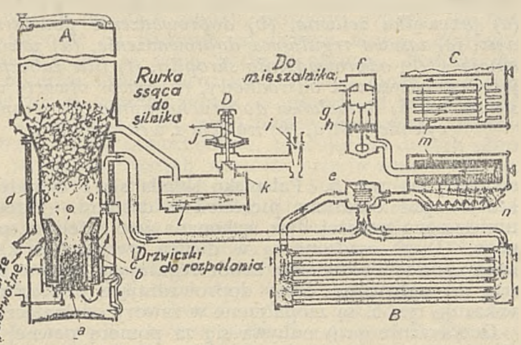
We wrześniu 1941, z okazji Targów Paryskich, została stworzona specjalna komisja do ustalenia warunków produkcji paliwa gazowego dla pojazdów mechanicznych, która miała za zadanie wybranie typów wytwornic, które mają być w przyszłości stosowane.

Komisja w wyniku licznych zebrań i konferencji doszła do pewnej normalizacji i oparła całą produkcję gazu na 29 różnych typach wytwornic gazu, z których 15 miało wytwarzać gaz z drzewa, reszta zaś z węgla. Węgiel drzewny nie był brany pod uwagę z powodu braku dostaw.

W późniejszym czasie tj. 1 stycznia 1943, na miejsce powyższej komisji, został powołany Komitet Producentów Wytwornic Gazu, który opierając się na pracy swoich poprzedników podzielił wszystkie znormalizowane wytwornice gazu na dziesięć poszczególnych grup. Każda z tych grup została opracowana i znormalizowana przez samorzutnie zorganizowanych producentów tego samego typu. Raz wyprodukowany i znormalizowany typ aparatu miał zahamować produkcję nowych typów wytwornic gazu o podobnym działaniu i przeznaczeniu. Zatwierdzenie znormalizowanego typu uzależniono od pozytywnych wyników końcowych prób i przydatności do pracy w różnych warunkach.

Wynikiem prac końcowych Komitetu było zatwierdzenie 9 typów na opał drzewny i 6 na węgiel. Do wykonania pierwszej grupy zostali powołani Brant i Panhard. Opracowali oni typ na paliwo drzewne, który został zatwierdzony jako znormalizowany. (Rys. 1.)

*) *Dyrektor Biura Badań, Automobile Club de France.*



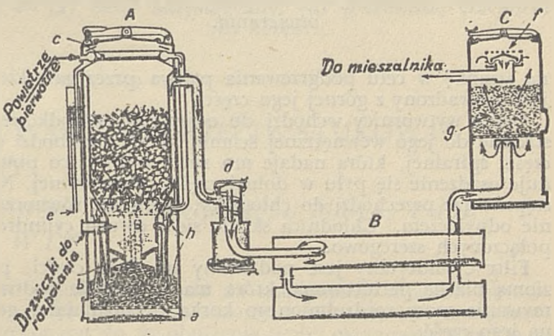
Rys. 1.

Znormalizowany typ Nr. 1 wytwornicy gazu na drzewo. (A) Wytwornica właściwa, (B) Chłodnica, (C) Filtr, (D) Zawór odwadniający — (a) odejmowalny ruszt, (b) wykładzina paleniska, (c) wykładzina wzmacniająca, (d) izolacja z wełny szklanej, (e) termostat, (f) odwadniacz wtórny, (g) filtr zabezpieczający, (h) wełna szklana, (i) smoczek, (j) diafragma gumowa (przepona), (k) zawór sterowany pod ciśnieniem w rurze ssącej, (l) skropliny, (m) bibuła filtracyjna, (n) rozdrobniony korek.

Zespół wytwornica gazu składa się z właściwej wytwornicy, smoczka dla wolnego biegu silnika, chłodnicy z regulowanym przepływem gazu oraz filtra. W konstrukcji jest przewidziana możliwość użycia drugiej chłodnicy.

Jak pokazano na rys 1 wytwornica jest typu dolno-ciągowego, zaopatrzona w kilka dysz. Górna jej część rozszerza się stożkowo, co umożliwia zwiększenie jednorazowego ładunku paliwa, podczas gdy wykładziny paleniska (dolna jej część) są osadzone ponad rusztem ruchomym.

Gaz, ssany z dolnej części wytwornicy przechodzi ku górze przez komorę pierścieniową, która jest utworzona z ze



Rys. 2.

Znormalizowany typ Nr. 2 wytwornicy gazu na drzewo. (A) Wytwornica właściwa, (B) Chłodnica-odpylacz gazu, (C) Filtr — (a) ruszt, (b) przewężka odejmowalna, (c) odwadniacz, (d) odpylacz odśrodkowy (cyklon), (e) odprowadzenie skroplin, (f) filtr zabezpieczający, (g) rozdrobniony korek, (h) komora do podgrzewania powietrza.

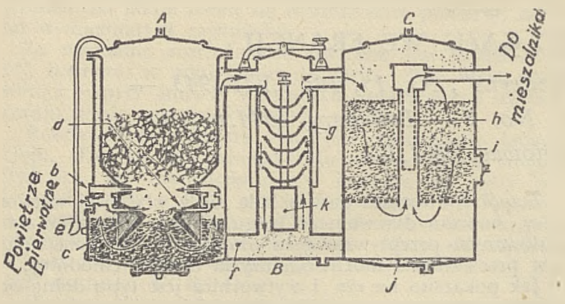
wnętrznej ścianki paleniska i otaczającego go płaszcza metalowego. W ten sposób jest zapewniona dostatecznie wysoka temperatura paliwa.

Powietrze wchodzi do paleniska przez rozdzielacz powietrza z dyszami, umieszczonymi w dwuch poziomach. Rozdzielacz powietrza znajduje się w komorze pierścieniowej i podgrzewany jest gorącymi gazami. Zbiornik paliwa, wykonany z pojedyńczej blachy, posiada u podstawy osadnik. Woda i inne produkty destylacji drzewa, skraplające się na wewnętrznych ściankach zbiornika (A) spływają do odwadniacza. Nadmiar skroplin wycieka do zbiornika (l), który połączony jest z atmosferą poprzez diafragmowy zawór (k) i smoczek (i). Przy wzroście podciśnienia podczas jałowego biegu silnika, zawór (k) zostaje otwarty i pary są wysysane ze zbiornika paliwa poprzez zbiornik (l), zawór (k) przez smoczek (i) do atmosfery.

Między chłodnicą (B) i filtrem (m, n) znajduje się termostat (e) utrzymujący temperaturę gazu, na wysokości najodpowiedniejszej do oczyszczania go z zawiesin. Filtr składa się z dwuch części, z których jedna zawiera sproszkowany korek (n) druga zaś bibułę filtracyjną (m). Z filtra gaz przechodzi do wtórnego odwadniacza (f) poprzez wełnę szklaną (h) i filtr zabezpieczający (g), znajdujący się bezpośrednio przed ujściem do mieszalnika.

Rys. 2 przedstawia typ wytwornicy gazu, produkowanej przez spółkę La Lilloise. Gohin i Unic.

Typ ten posiada specjalny system czyszczenia gazu z odpylaczem odśrodkowym. Kształt i konstrukcja paleniska pokazana jest na rys. 2. Zbiornik paliwa posiada podwój-



Rys. 3.

Znormalizowany typ Nr. 3 wytwornicy gazu na drzewo. (A) Wytwornica właściwa, (B) Podwójna chłodnica, (C) Filtr — (b) otwór do rozpalania, (c) wykładzina wzmacniająca, (d) dwa rzędy dysz, (e) odwadniacz, (f) dolny zbiornik chłodnicy, (g) żeberka chłodzące, (h) filtr zabezpieczający, (i) korek, (j) skropliny, (k) kółko ręczne do otwierania.

ną ściankę w celu podgrzewania paliwa przez gaz, który jest prowadzony z górnej jego części.

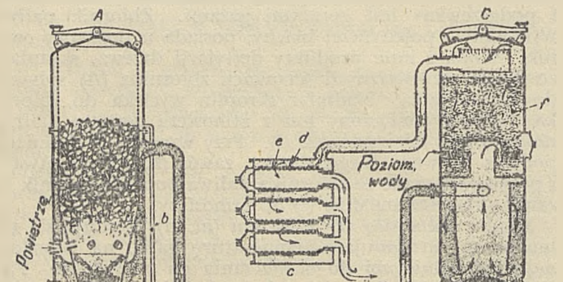
Gaz z wytwornicy wchodzi do odpylacza odśrodkowego stycznie do jego wewnętrznej ścianki, dalej przechodzi do części spiralnej, która nadaje mu ruch wirowy, co powoduje osadzenie się pyłu w dolnej części cylindrycznej. Następnie gaz przechodzi do chłodnicy, która jest równocześnie odpylaczem. Chłodnica składa się z dwuch cylindrów połączonych szeregowo.

Filtr cylindryczny jest podzielony na dwie części, poziomą blachą perforowaną, która ma za zadanie podtrzymywanie masy rozdrobnionego korka, wypełniającej górną jego część.

Ważniejsze szczegóły wytwornicy znormalizowanego typu Nr. 3 pokazane są na rys. 3.

Charakterystyczną cechą jest budowa paleniska. Właściwe palenisko składa się z pierścienia, który jest odporny na wysoką temperaturę i przymocowany do dolnej części zbiornika. Pierwotne powietrze dochodzi do górnej części paleniska powyżej pierścienia, podczas gdy wtórne dostaje się przez dysze do dolnej części paleniska poniżej pierścienia.

Przez podwójny płaszcz zbiornika paliwa przepływają gazy, które ogrzewają jego zawartość. Chłodnica składa się z dwuch cylindrów z pionowymi żebrami. Dolne wyjścia gazu łączą się we wspólną komorę, która służy częściowo jako zbiornik i odpylacz. We właściwej chłodnicy znajduje się szereg płyt w kształcie czaszy. Filtr o kształcie cylindrycznym typu dolno-ciągowego ze zbiornikiem na skropliny jest wypełniony rozdrobnionym korkiem.



Rys. 4.

Znormalizowany typ Nr. 4 wytwornicy gazu na drzewo. (A) Wytwornica właściwa, (C) Filtr — (a) ruszt obrotowy, (b) odprowadzenie skroplin, (c) filtr końcowy o wymiennych elementach, (d) paski podtrzymujące, (e) płótno filtrujące, (f) korek.

Znormalizowany typ Nr. 4 wytwornicy gazu przedstawiony jest na rys. 4. Korpus właściwej wytwornicy zrobiony jest z podwójnej blachy. Dolna przestrzeń zawarta między blachami służy jako zbiornik gazu. Wewnętrzna górna część zbiornika paliwa wykonana jest z blachy perforowanej tak, że przestrzeń między płaszczem zewnętrznym a wewnętrznym służy jako skraplacz lotnych par. Skropliny są odprowadzane za pomocą rurki (b). Palenisko jest wykonane całkowicie z metalu, z odejmowalnym rusztem. Powietrze podgrzane w pierścieniowej komorze otaczającej palenisko wchodzi do paleniska przez dysze, rozmieszczone na całym jego obwodzie. Ruszt jest obracalny za pomocą rączki.

Oczyszczanie gazu jest rozwiązane w ten sposób, że gaz przechodzi przez potrójne urządzenie filtracyjne:

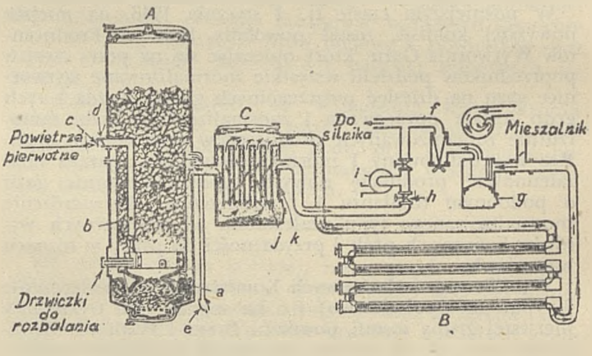
1-sze — do strącania pyłu,

2-gie — do płukania wodnego.

3-cie — filtracyjne przez warstwę rozdrobnionego korka.

Końcowe oczyszczenie przeprowadzane jest przez przepuszczanie gazu przez szereg elementów filtracyjnych połączonych równolegle.

Znormalizowany typ Nr. 5 wytwornicy gazu jest przedstawiony na rys. 5. Palenisko składa się z cylindra, na którym jest osadzony pierścień z dyszami. Przewężka umieszczona poniżej dysz wykonana jest z żeliwa specjalnego. Dysze osadzone są w dwuch szeregach z których każdy posiada niezależny zawór regulujący dopływ powietrza do paleniska. Rury doprowadzające powietrze, jak wskazuje rys. 5, są zaopatrzone w zawory odcinające.



Rys. 5.

Znormalizowany typ Nr. 5 wytwornicy gazu. (A) Wytwornica właściwa, (B) Chłodnica, (C) Filtr — (a) przewężka żeliwna, (b) doprowadzenie powietrza do dysz, (c) zasuwa regulująca doprowadzenie, (d) zawór odcinający, (e) odprowadzenie skroplin, (f) filtr zabezpieczający, (g) oczyszczacz odśrodkowy, (h) zawór otwarty w czasie startu, (i) dmuchawa do uruchamiania, (j) ceramiczny cylinder filtra, (k) izolacja z wełny szklanej.

Oczyszczenie gazu odbywa się za pomocą pewnej ilości elementów ceramicznych o kształcie cylindrycznym, umieszczonych w rurach. Przepływ gazu jest skierowany promieniowo do wewnątrz elementów filtrujących w ten sposób, że wszystkie zanieczyszczenia osiadają na zewnętrznej ścianie cylindra. Filtr może pracować w położeniu zarówno pionowym (rys. 5) jak i poziomym. Po strąceniu pyłu w filtrze gaz przechodzi do chłodnicy (B), w której zostają wydzielone kondensujące się jego części. Dalsze osuszanie gazu zachodzi w odśrodkowym odwadniaczu (G). Znormalizowany typ Nr. 6 pokazany na rys. 6 znany jest jako wytwornica gazu „Imbert". Gaz przepływa między

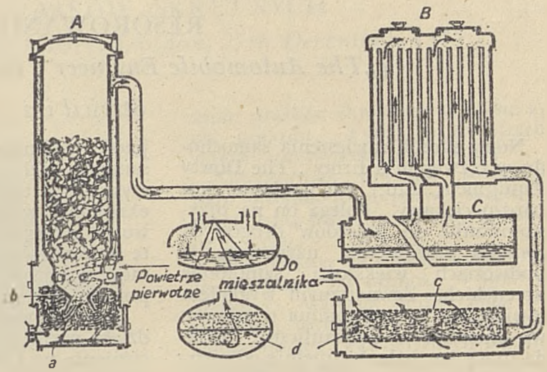
podwójnymi ściankami wytwornicy. Potrójne drzwi w dolnej części służą:

1 — do usuwania popiołu,
2 — do rozpalania,
3 — do wglądu (kontrolowania).

Ruszt ruchomy jest obracalny za pomocą rączki.

Sposób połączenia zewnętrznej i wewnętrznej ścianki wytwornicy właściwej jest pokazany na rysunku. Pierwsze stadium czyszczenia gazu jest płukanie, pomyślane w ten sposób, że w naczyniu o przekroju eliptycznym są trzy przesłony umieszczone tak, że gaz musi przechodzić dwukrotnie przez wodę, zanim dostanie się do chłodnicy.

Chłodnica umieszczona nad płuczką, składa się z rur pionowych umocowanych z góry i z dołu w otworach blach dziurkowanych. Właściwy kierunek przepływu gazu przez chłodnicę jest zapewniony odpowiednimi przesłonami tak, jak pokazano na rys. 6. Czyszczenie końcowe gazu odbywa się w filtrze o przekroju eliptycznym. Gaz w nim przechodzi z dolnej części do górnej przez warstwę korka.



Rys. 6.

Znormalizowany typ Nr. 6 wytwornicy gazu na drzewo. (A) Wytwornica właściwa, (B) Chłodnica, (C) Filtr wstępny — (a) ruszt odejmowalny, (b) przewężka, (c) filtr, (d) korek.

LICZBA OKTANOWA, A RZECZYWISTA WARTOŚĆ PRZECIW-STUKOWA BENZYNY

(H. W. Best, „Automotive and Aviation Industrias", Philadelphia, 1st March, 1946.)

Streścił B. K., W.I.T.

Autor podaje szereg cyfr i zamieszcza kilka wykresów, udowadniających, że liczba oktanowa, oznaczona metodą „A.S.T.M." daje nie zupełnie ścisły obraz wartości przeciw-stukowej paliwa. Benzyny, posiadające tę samą liczbę oktanową, mogą różnić się między sobą pod względem rzeczywistej wartości przeciw-stukowej.

W celu uzupełnienia charakterystyki przeciw-stukowej używaną jest czasem, obok liczby oktanowej, jeszcze dodatkowa własność, nazywana „czułością" paliwa. Jest to różnica liczb oktanowych, oznaczonych metodą „C.F.R. badawczą" i oznaczonych metodą „A.S.T.M.". Rozporządzając dwoma cyframi, z których jedna oznacza liczbę oktanową „A.S.T.M.", zaś druga „czułość" paliwa, łatwiej jest przewidzieć zachowanie się benzyny w silniku. Przy małych obrotach silnika, benzyny „czulsze" są bardziej odporne na stukanie od benzyn mniej „czułych", a posiadających tę samą liczbę oktanową. Podczas dużych obrotów silnika, benzyny „czulsze" mogą się zachowywać lepiej, czasem jednak — gorzej, od paliw o niższej „czułości", a o tej samej liczbie oktanowej. Obecnie stosowane silniki samochodowe, pracując na dużych obrotach, wymagają niższych wartości przeciw-stukowych, niż podczas pracy na obrotach małych. Stąd wniosek, że z pośród benzyn o tej samej liczbie oktanowej, benzyny o wyższej „czułości" będą lepszymi w warunkach drogowych pracy silnika (przy zmiennych jego obrotach). Dla ścisłości należy zaznaczyć, że liczba oktanowa w połączeniu z „czułością", jakkolwiek daje lepszą charakterystykę przeciw-stukową, nie jest jeszcze zupełnie dokładną jej miarą: zachodzą wypadki, że dwa paliwa o tej samej liczbie oktanowej i o tej samej „czułości", zachowują się w silniku nieco odmiennie.

Wyższa wartość przeciw-stukowa paliwa pozwala na uzyskanie większej mocy i otrzymanie lepszej sprawności silnika, przy odpowiednim podwyższaniu stosunku sprężania. Wykonano pomiary (wydajności) mocy szeregu silników, przy zmiennym przyśpieszeniu zapłonowym, stosując paliwa o różnych liczbach oktanowych. Pomiary wykonywano przy małych i dużych obrotach silników. Ustalano położenie zapłonu na maksymalny moment obrotowy silnika dla danych obrotów i mierzono otrzymaną moc. Przekonano się, że obniżenie liczby oktanowej paliwa o 10 punktów, dawało przy mniejszych obrotach silników obniżenie mocy, leżące w granicach od 2 do 14 procent. Przy większych obrotach, otrzymane wyniki dla poszczególnych silników leżały w węższych granicach, a mianowicie spadek mocy wynosił 7 - 10 procent.

Wreszcie zajmowano się ustalaniem wpływu temperatury powietrza wlotowego do gaźnika na stukanie silnika. Na podstawie szeregu przeprowadzonych prób, przekonano się, że zmiany temperatury powietrza mogą w pewnych wypadkach nie wywierać żadnego wpływu na stukanie, w pewnych wypadkach — przyśpieszać, zaś w innych opóźniać stukanie.

Przypisek tłomacza:

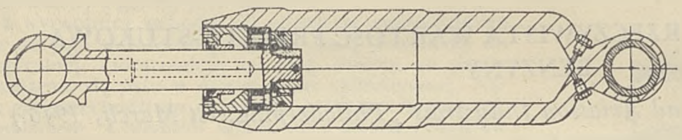
Liczba oktanowa paliwa nie była nigdy uważaną za liczbę bezwzględną. Jej wartość została dobrze scharakteryzowaną w brytyjskich „Normach Badań Przetworów Naftowych" („Institute of Petroleum", London, 1942): „ Fachowcy wiedzą o tym dobrze, że zagadnienie oznaczania własności przeciw-stukowych jest bardzo skomplikowanym. Należy ostrzec tych, którzy skłonniby byli przypuszczać, że liczba oktanowa może być używana bez ograniczenia do oceny zachowania się paliw w silnikach. Na podstawie badań, prowadzonych w ciągu szeregu lat, przekonano się, że żadne z oznaczeń laboratoryjnych nie może być uważane za dokładny pomiar własności przeciwstukowych. Skłonność paliwa do stukania jest różną w różnych silnikach i zależy od warunków atmosferycznych, regulacji zapłonu, karburatora itd., oraz od konstrukcji silnika, jego stanu, obciążenia, a szczególnie od ilości jego obrotów. W warunkach drogowych odchylenia wartości przeciw-stukowej, od wartości oznaczonych metodą „A.S.T.M." mogą być znaczne. Przeważnie odchylenia te są mniejsze od plus lub minus 3 punktów liczby oktanowej, jednak w wyjątkowych wypadkach mogą dojść nawet do 10 punktów".

RESOROWANIE HYDRAULICZNE

(„The Automobile Engineer", Vol. XXXVI, Nr. 472, February, 1946.)

Streścił inż. Z. Jakusz, W.I.T.

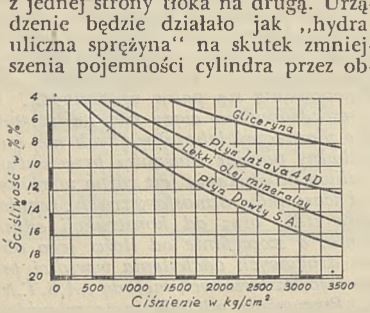
Nowy sposób zawieszenia samochodu w rozwiązaniu firmy „The Dowty Equipment Ltd., Cheltenham, jest bardzo ciekawy. Polega on na przystosowaniu do pojazdów drogowych sposobu zawieszenia, używanego w podwoziach większości samolotów brytyjskich. Zewnętrznym wyglądem zawieszenie to przypomina teleskopowy amortyzator hydrauliczny. Zasada pracy jest jednak zupełnie odmienna. Praca amortyzatora polega na przeciskaniu cieczy przez określonej wielkości kanał przepływowy. W rozwiązaniu „Dowty" energia uderzenia pochłaniana jest przez sprężanie cieczy. Nurnik połączony bezpośrednio z kołem tocznym wciskany jest w ciecz.



Rys. 1.
Hydrauliczne zawieszenie „Dowty"

Rozwiązanie jest bardzo proste jak to widać z rys. 1. Nurnik związany z kołem, pokazany jest w swym dolnym położeniu; przestrzeń ponad tłokiem wypełniona jest całkowicie cieczą. Cylinder posiada dwa korki do napełniania, z których jeden służy również do opowietrzania. Z chwilą gdy koło napotyka wzniesienie, tłoczysko wciskane jest do cylindra zmniejszając przez to jego pojemność; tłok nie bierze udziału w sprężaniu cieczy. Dzięki wzrostowi ciśnienia, nacisk na denko tłoka jest większy niż na jego dolną mniejszą powierzchnię, tłoczysko zostaje wypchnięte z cylindra. Dla zrozumienia zasady działania należy wyobrazić sobie tłok z szeregiem dużych otworów pozwalających na swobodny przepływ cieczy, z jednej strony tłoka na drugą. Urządzenie będzie działało jak „hydrauliczna sprężyna" na skutek zmniejszenia pojemności cylindra przez objętość wciśniętego tłoczyska i tym samym będzie sprężała ciecz. W rzeczywistości tłok zaopatrzony jest w określonej wielkości kanały przepływowe, z których niektóre są zamknięte zaworem zwrotnym tak, że ciecz może przepływać z powrotem bardzo powoli, co daje efekt tłumienia.

Jest oczywiste, że urządzenie to działa wtedy, gdy zostanie osiągnięte ciśnienie na tyle wysokie, aby spowodować sprężanie cieczy i przypuszczalnie jest ono pierwszym udanym urządzeniem, wykorzystującym ściśliwość cieczy. W porównaniu z gazami ściśliwość cieczy jest bardzo mała. Rys. 2 przedstawia wykresy sporządzone w laboratorium badawczym firmy „Dowty" dla czterech różnych cieczy.



Rys. 2.
Ściśliwość cieczy.

Jedna z tych cieczy, wytypowana po długich poszukiwaniach, daje ściśliwość 17% przy ciśnieniu wynoszącym 3500 kg/cm². Technicy firm „Dowty" twierdzą, że uzyskali ciśnienie wysokości 7000 kg/cm².

Aby otrzymać zadawalające wyniki pracy cieczy pod tak wysokim ciśnieniem, należy bardzo dobrze uszczelnić tłoczysko, gdyż najmniejsza nieszczelność powoduje wyciekanie. Specjalny dławik umieszczony jest pomiędzy podtoczeniem cylindra a nakrętką zamykającą. Częściami składowymi jego są: stalowa tarcza oporowa z czteremi stalowymi kołkami opierająca się o podtoczenie cylindra, oraz pierścień sprężysty dławika i tarcza tylna, które nałożone są na kołki. Tarcza tylna opiera się o nakrętkę zamykającą. Pomiędzy tarczą oporową a pierścieniem sprężystym dławika jest wkładka dziurkowana, której zadaniem jest zapobiec zakleszczaniu się trzona tłokowego. Celem zmniejszenia tarcia dławika dodany jest do oleju grafit koloidalny.

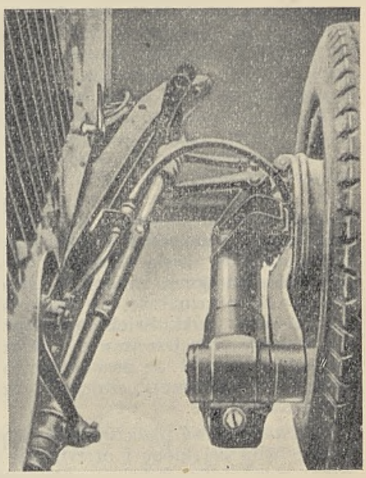
Dzięki czterem otworom na kołki, powierzchnia przekroju pierścienia sprężystego jest mniejsza od powierzchni tarczy oporowej. Stąd potęguje się nacisk tarczy na pierścień sprężysty, powodując, że pierścień ten jest skłonny do przepuszczenia oleju raczej do cylindra, aniżeli nazewnątrz.

Zalety hydraulicznego zawieszenia są oczywiste. Po za znacznym zmniejszeniem ciężaru, wykazuje ono niezawodność i ciągłość działania, gdyż nie ma obawy o zmęczenie materiału i w porównaniu z innymi niezależnymi zawieszeniami posiada znacznie mniejszą ilość punktów wymagających smarowania. Przy urządzeniu tym nie ma obawy pęknięcia czy złamania części pod warunkiem, że cylinder jest dostatecznie mocny, aby wytrzymać wielkie ciśnienie cieczy. Dzięki prostej konstrukcji zarówno sprawność urządzenia jak i niski koszt wykonania są zapewnione. Ponieważ cylinder zawiera jednocześnie i urządzenie tłumiące, osobne amortyzatory są zbyteczne.

Konserwacja zawieszenia wymaga jedynie okresowego uzupełniania cieczy przy pomocy zwykłej tłocznicy do smaru.

Dla porównania ciężarów zawieszenia, wykonano specjalne próbne zawieszenie ze sprężyny spiralnej systemu „Dowty" dla ugięcia 10 cm pod naciskiem 20 ton. Ciężar zawieszenia ze sprężyną wynosił 55,5 kg, ciężar „Dowty" 9,5 kg, przyczym odpowiednio największa średnica pierwszego wynosiła 290 mm, drugiego 92 mm.

Rys. 3 pokazuje próbne zastosowanie typu „Dowty" do wozu osobowego „Vauxhall".



Rys. 3.
Zawieszenie „Dowty" w wozie osobowym „Vauxhall".

PRODUKCJA RESOROWYCH DRĄŻKÓW SKRĘTNYCH

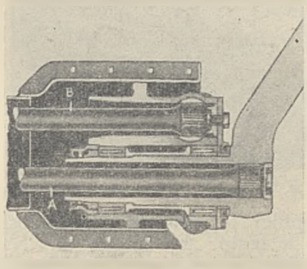
(„The Production of Torsion-bar Springs", Machinery, London, 27th December, 1945.)

Streścił N. J.

Zastosowanie w niektórych pojazdach wojskowych drążków skrętnych zamiast resorów starego typu, wykazało wiele zalet, należy się więc spodziewać wprowadzenia tego rodzaju uresorowania w samochodach cywilnych produkcji powojennej.

Resorowe drążki skrętne są wykonywane ze stali stopowej wysoko węglistej, jako pełne pręty o średnicy zwiększonej, na końcach, na których nacięte są wielokliny. Jeden koniec drążka zamocowany jest w osi obrotu ramienia, na którym osadzone jest koło. Drugi koniec drążka zamocowany jest po przeciwnej stronie wozu w nieruchomej osłonie drążka, która posiada specjalny wewnętrzny wieloklin. Układ taki pokazuje rys. 1, gdzie *A* oznacza koniec drążka ustalony w wieloklinie osłony. Koło jadącego wozu, natrafiając na nierówność terenu, porusza się ku górze i powoduje obrót ramienia dokoła jego osi. Drążek skrętny osadzony w tej osi skręca się i dzięki swej sprężystości działa jako resor.

Drążki skrętne wymagają mniej materiału na jednostkę energii odkształcenia niż inne resory. Drążki znoszą obciążenie od 25 do 38 kgm energii odkształcenia na każdy kg drążka podczas gdy dobrze wykonany



Rys. 1.
Zamocowanie końców drążków skrętnych.

resor piórowy tylko 7,5 do 11,5 kgm energii na kg resoru, a sprężyny spiralne z drutu okrągłego 18 do 28 kgm, sprężyny zaś stożkowe od 13 do 25,5 kgm na kg sprężyny.

Przeprowadzono próby z 35.000 szt. drążków skrętnych o długości 73" (185 cm), średnicy 1,9" (48,25 mm) $^{-0,003''}_{+0,022''}$ i ciężarze w stanie wykończonym 29.5 kg (patrz rysunek 2). Próby zmęczeniowe przeprowadzono dla naprężeń zmiennych od 21 do 98 kg/mm² przy 80.000 okresach. Są to warunki które odpowiadają obciążeniom drążków skrętnych w czasie życia pojazdu. Tylko jeden drążek skrętny nie wytrzymał tej próby.

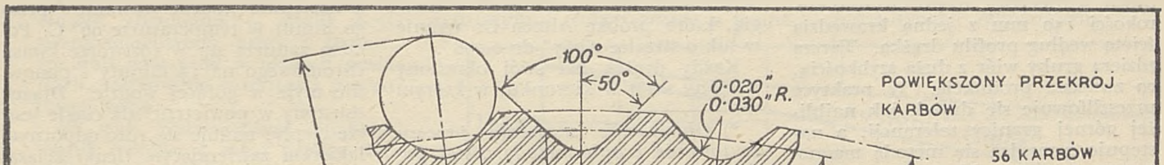
Najciekawsze operacje stosowane przy produkcji drążków skrętnych przez firmę Mfg. Co., Ohio, są opisane poniżej.

Półfabrykaty na drążki skrętne mają naddatek na obróbkę 6 mm na średnicy. Materiał drążka musi być możliwie wolny od niemetalicznych zanieczyszczeń, wewnętrznych pęknięć oraz innych wad. Próba hartowności (Jominy) musi być przeprowadzona na próbkach wziętych ze spodu pierwszego i środkowego wlewka i z góry ostatniego wlewka z każdego wytopu.

Pierwszą operacją jest cięcie drążków na właściwą długość na specjalnej prasie kowalskiej Ajax. Następnie na tej samej prasie spęcza się, po kolei końce drążka, po czym chłodzi się je w powietrzu.

Następną operacją jest normalizacja drążków w temperaturze 900° C przez jedną godzinę i chłodzenie ich wraz z piecem do temperatury 600° C, a dalej w powietrzu.

Po nawierceniu nakiełków końce drążków są prostowane na prasie 50 tonowej tak, by odchylenia na całej długości nie przekraczały 1.25 mm. Prostowanie jest operacją b. ważną



Rys. 2. *Drążek skrętny. Typ stosowany do pojazdów wojskowych.*

ze względu na późniejsze toczenie. Po wyprostowaniu drążka, szlifuje się na obu końcach i w środku „paski" cylindryczne tarczą szerokości 75 mm, które służą jako podparcie drążka podczas toczenia. Zgrubne toczenie jednego końca i połowy drążka przeprowadza się na jednej tokarce, po czym obydwa końce drążka są obrabiane z czoła na drugiej tokarce, a następnie na trzeciej obrabiana jest druga połowa drążka. Toczenie odbywa się jednym wiórem na głębokość 3 mm przy posuwie 0,25 mm/obr i 240 obr/min. jednocześnie dwoma nożami z nakładkami ze spieczonych węglików. Poprzeczny ruch noża uzyskuje się z profilowej listwy prowadzącej dla otrzymania odpowiednich przejść od średnicy części środkowej do średnicy końców drążka. Szlifowanie jest poprzedzone drugim prostowaniem na zimno po którym odchylenia na całej długości winny wynosić poniżej 0,75 mm przy pełnym obrocie wałka. Następnie ponownie planuje się końce drążka dla otrzymania odpowiedniej długości i centruje nakiełki na tokarce.

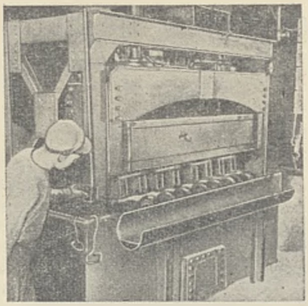
Drążki szlifuje się na całej długości za wyjątkiem cylindrycznych zakończeń. Dokładność wykończenia szlifowanej powierzchni wynosi 70 micro-cali (ok. 2 mikronów).

Przy szlifowaniu używa się tylko jednej podpórki, której dolna rolka wywiera nacisk od spodu szlifowanego drążka.

Dla uniknięcia częstego „ostrzenia" tarczy szlifierskiej, użyto tarczy o szerokości 150 mm z jedną krawędzią ściętą według profilu drążka. Tarcza zdziera gruby wiór z dużą szybkością, co zwiększa produkcję. W praktyce przeszlifowuje się drążek jak najbliżej górnej granicy tolerancji, a następnie sprawdza się metodą magnetyczną, aparatem Magnaflux, czy nie ma uszkodzeń. Drążki odrzucone przez tę kontrolę przeszlifowuje się do dolnej granicy tolerancji i ponownie sprawdza.

Drążki podgrzewa się do hartowania w ciągu 1 godziny w temperaturze 900° C w piecu przelotowym z przesuwaniem mechanicznym materiału. Gdy opuszczają piec są one zazwyczaj zdeformowane, a wygięcia dochodzą do 12 mm.

Z pieca drążki są przenoszone transporterem do maszyny hartowniczej (rys. 3), zaopatrzonej w urządzenie prostujące, w którym drążek skrętny spoczywa na dwuch szeregach rolek rozstawionych do 15 cm. Od góry drążek jest dociskany hydraulicznie przy pomocy podobnego kompletu rolek. Dolne rolki w czasie hartowania stale obracają drążek z szybkością 200 obr/min. Przez pierwsze 3 sekundy drążek chłodzi się w powietrzu, a następnie cały uchwyt z drążkiem zanurza się w oleju na 3 minuty. Odpuszczanie trwa 3 godziny w temp. 465 do 480° C. Jeżeli któryś z drążków wymaga prostowania po obróbce



Rys. 3. *Maszyna hartownicza.*

cieplnej, to ponownie jest odpuszczany w temp. 400 do 450° C. Należy podkreślić, że ostatnio udoskonalone maszyny hartownicze prawie zupełnie usunęły potrzebę prostowania po obróbce cieplnej. Po obróbce cieplnej sprawdza się twardość, która ma wynosić od 429 do 477° Brinella. Końce drążków na których mają być nacięte wielokliny, są szlifowane celem dokładnego ustawienia na frezarce, a następnie nacina się po 56 rowków na każdym końcu na frezarce obwiedniowej do wieloklinów firmy Barber-Colman.

Po całkowitym sprawdzeniu wymiarów i obejrzeniu, czy nie ma uszkodzeń (przy czym 10% wyprodukowanych drążków ponownie poddaje się badaniu aparatem Magnaflux), drążki śrutuje się na maszynie Wheelabrator *) przez którą przechodzą one obracając się z szybkością 40 obr/min. Śrutowanie ma się odbywać z energią, która próbkę Almen C2 wygnie w łuk o strzałce 0,007" do 0,008".

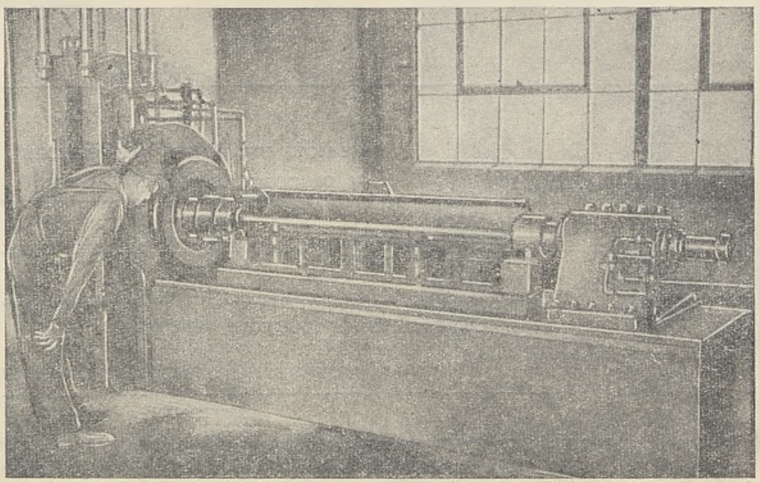
Każdy drążek ma swój określony wstępny skręt w kierunku, w którym skręca się podczas pracy. Z tego powodu drążki skrętne nie są zamienne z lewej na prawą stronę wozu i przy niewłaściwym montażu bardzo prędko ulegną zniszczeniu.

Wstępny skręt drążka zwiększa w nim naprężenia, a równocześnie podnosi granicę odkształceń sprężystych. Wstępny skręt drążka wykonuje się na zimno na specjalnej maszynie pokazanej na rys. 4. Drążek jednym końcem jest zamocowany w nieruchomym uchwycie, a drugim w głowicy obracanej hydraulicznie i zaopatrzonej we wskazówkę. Na obsadzie głowicy umieszczona jest skala kątowa, której zero początkowo zgrywa się ze wskazówką głowicy. Uruchamiając maszynę skręcamy drążek o określony kąt wstępnego skręcenia, który może dochodzić do 90°, a zawsze musi być większy od kąta skręcenia drążka w czasie pracy. Drążek w czasie pracy w omawianym przykładzie skręca się prawie o 50° i dlatego przy montażu drążek skrętny w wozie jest tak założony, że pod normalnym obciążeniem (gdy wóz stoi) skręcony jest o 25°, czyli zawsze będzie pracował jak sprężyna. Proces wstępnego skręcania przeprowadza się co najmniej trzykrotnie.

Operacja wstępnego skręcania drążka wywołuje w materiale właściwości magnetyczne, które trzeba następnie usunąć.

Po umyciu drążka w nafcie, poddaje się go 2 minutowej kąpieli w wodzie w temperaturze minimum 95° C, a następnie „parkeryzowanie" przez 30 minut w temperaturze 90° C. Poczem zanurza się w roztworze kwasu chromowego na 1½ minuty i ponownie myje w gorącej wodzie. Drążek osuszony w powietrzu, ale ciągle jeszcze ciepły, maluje się rdzo-odpornym lakierem zawierającym tlenki żelaza. Wieloklinów nie maluje się. Dla rozróżnienia drążki które mają pracować po prawej stronie malowane są na czerwono, a po lewej na żółto.

*) *Objaśnienie znaczenia procesu śrutowania i opis metody został podany w artykule „Zwiększenie wytrzymałości na zmęczenie przez śrutowanie". — „Przegląd Motoryzacyjny". Nr. 11-12. str. 25.*



Rys. 4. *Maszyna do skręcania drążków.*

NOWOCZESNE METODY CIEPLNEJ OBRÓBKI STALI

(A. Craig MacDonald, B.Sc., A.R.I.C., M.I.A.E., „Journal of the Institution of Production Engineers", Vol. XXV, No. 1, Ed.B., January, 1946.)

Streścił Inż. S. Kazimierowicz, W.I.T.

Stal jest materiałem, z którym procesy obróbki cieplnej kojarzą się najściślej. Dla łatwiejszego zrozumienia późniejszych wywodów, celowym będzie przypomnieć, jaki wpływ wywiera skład chemiczny stali na jej właściwości oraz na przemiany, wykorzystywane w obróbce cieplnej.

Czynnikami odgrywającymi główną rolę przy obróbce cieplnej są: temperatura i szybkość zmian temperatury, głównie przy chłodzeniu. Właściwości stali zmieniają się wraz ze zmianą temperatury, jednak zmiany te wymagają pewnego czasu na to by mogły się odbyć. Jeśli czas ten skrócimy przez zastosowanie warunków powodujących szybkie odprowadzanie ciepła, a tym samym szybki spadek temperatury, to przemiana jeśli nie całkowicie to częściowo zostanie zahamowana. Temperatury przemian zależą również od składu chemicznego stali. Rozpatrzmy krótko tę zależność. Stal w najprostszej swej formie zawiera jako podstawę żelazo, mały procent węgla i nieco zanieczyszczeń. Węgiel nie występuje w stali w stanie wolnym tak, jak grafit w żeliwie, lecz tworzy z żelazem związek chemiczny — węglik Fe_3C zwany cementytem, który w strukturze stali występuje w różnych postaciach, zależnie od zawartości procentowej węgla.

W stali niskowęglistej miękkiej. węglik wchodzi w skład perlitu, którego ziarna otoczone są osnową ferrytu (czystego żelaza). (Perlit jest eutektoidem ferrytu i cementytu — jest mieszaniną płatków ferrytu i cementytu o bardzo drobnej strukturze i zawiera 0,89%C).

W stalach wysokowęglistych cementyt występuje obok perlitu w stanie wolnym, t.zn. oprócz cementytu wchodzącego w skład perlitu mamy wolne ziarna cementytu.

W zależności od zawartości węgla, stale węgliste mogą mieć następującą strukturę:

zaw. węgla poniżej 0,89%, perlit i ferryt,

zaw. węgla dokładnie 0,89%, perlit,

zaw. węgla powyżej 0,89%, perlit i cementyt.

Podczas ogrzewania stali, w miarę wzrostu temperatury przechodzi ona kolejno przez trzy punkty krytyczne, przy których zachodzą pewne zmiany. Temperatury krytyczne zależą również od zawartości węgla. Patrz rys. 1.

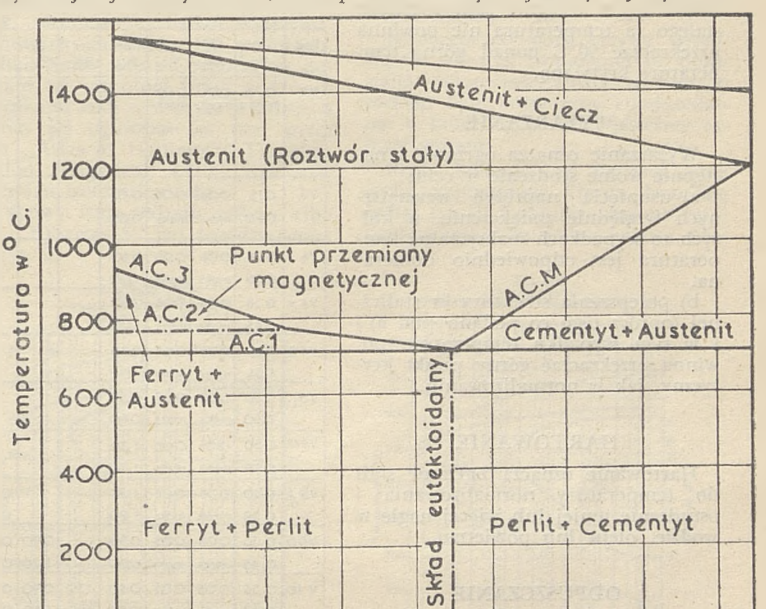
W dolnym punkcie krytycznym Ac_1 perlit przechodzi w austenit, lecz ferryt (w wypadku stali o zaw. węgla poniżej 0,89%) nie ulega żadnym zmianom. W miarę wzrostu temperatury austenit rozpuszcza ferryt stopniowo i w pośrednim punkcie krytycznym Ac_2 jest rozpuszczonego ferrytu dostateczna ilość, aby zmienić magnetyczne właściwości stali. W następnym, „górnym" punkcie krytycznym Ac_3 reszta ferrytu rozpuszcza się i całość przedstawia „stały roztwór węgla w żelazie", czyli austenit.

Dokładne temperatury przy których te przemiany zachodzą zależą od składu stali. Gdy zawartość węgla rośnie punkt Ac_3 obniża się, aż przy zawartościach 0,4 - 0,5%C, schodzi się z punktem Ac_2. Przy dalszym wzroście zawartości węgla, zmniejsza się zawartość wolnego ferrytu i przy zawartości 0,89% nie ma go wcale — wszyskie trzy punkty przemian krytycznych pokrywają się.

W stalach o zawartości węgla większej od 0,89% zachodzą przemiany krytyczne podobne do przemian jakim ulega stal o zawartości węgla niższej od 0,89%, z tym, że miejsce ferrytu zajmuje wolny cement, a temperatury Ac_1 i Ac_2 schodzą się.

Jeśli chodzi o obróbkę cieplną, to ważną rolę odgrywa górna temperatura krytyczna Ac_3 zwłaszcza przy obróbkach takich, jak hartowanie, normalizowanie itp.

Zmiany, które zachodzą w temp. krytycznych nie są nagłe, lecz wymagają pewnego czasu — sekund a nawet godzin — zależnie od gatunku stali. Jeśli przy chłodzeniu redukujemy czas przejścia przez temp. krytyczną do pewnego stopnia, to tym samym zahamujemy przemianę — utrzymując strukturę jaka istnieje powyżej punktu krytycznego Ac_3. Na tym polega hartowanie. Jeśli kawałek stali węglistej ogrzanej nieco ponad górną temperaturę krytyczną nagle ostudzimy np. przez zanurzenie w wodzie to przez to utrzymamy przynajmniej częściowo strukturę austenityczną jaka istnieje w temperaturze hartowania. Zmiana struktury wymagała pewnego czasu — przez nagłe ochłodzenie czas na zajście przemiany został zredukowany. Ponieważ szybkość chłodzenia zwykle nie jest wystarczająco duża, nie możemy zatrzymać przemiany całkowicie i zamiast austenitycznej otrzymujemy struktu-



Rys. 1.

rę martenzytyczną. Austenit jest miękki i ciągliwy, martenzyt jest bardzo twardy i kruchy.

W niskowęglistej stali powiedzmy 0,2%C zawartość cementytu jest mała — a tym samym ilość powstałego przez zahartowanie martenzytu, jest również niewielka i dlatego wzrost twardości jest nieznaczny.

Przy zawartości 1%C i przy bardzo nagłym ostudzeniu można zatrzymać w stali węglistej nieco austenitu oczywiście obok martenzytu.

Bardzo rzadko używa się stal w stanie całkowitego zahartowania. Zwykle poddaje się ją odpuszczeniu, które polega na tym, że stal zahartowaną podgrzewa się do pewnej temperatury zależnej od wymaganego stopnia ,,zmiękczenia'', lecz jest ona zawsze poniżej temperatury Ac_1. Pod wpływem ciepła użytego przy odpuszczeniu następuje rozkład martenzytu na dalsze formy przejściowe jak ,,troostyt'', troostyt i sorbit, czysty sorbit, lub sorbit i perlit, które to struktury zjawiają się kolejno, zależnie od wysokości temperatury odpuszczania.

Według norm brytyjskich istnieją następujące definicje pewnych rodzajów obróbki cieplnej.

NORMALIZOWANIE

Określa ogrzanie stali (bez względu na to jakiej obróbce poprzednio była poddana) do temperatury ponad górną temperaturę krytyczną i następnie studzenie w powietrzu. Pożądanym jest, by utrzymywać stal przy tej temperaturze tak długo, aż całość węgla osiągnie stan roztworu stałego, a temperatura nie powinna przekraczać 50°C ponad górną temperaturę krytyczną.

WYŻARZANIE

Wyżarzanie oznacza ogrzanie i następnie wolne studzenie w celu:

a) usunięcia naprężeń wewnętrznych względnie zmiękczenie, w których to wypadkach maksymalna temperatura jest odpowiednio dobierana,

b) polepszenia struktury krystalicznej (oprócz tego co podano pod a)) i w tym wypadku temperatura powinna przekraczać górny punkt krytyczny, jak w normalizowaniu.

HARTOWANIE

Hartowanie oznacza ogrzanie stali do temperatury normalizowania i ostudzenie mniej lub więcej nagłe w wodzie, oleju lub powietrzu.

ODPUSZCZANIE

Oznacza ogrzanie stali (poprzednio hartowanej) do temperatury poniżej temperatury przemiany w celu zmniejszenia twardości lub zwiększenia udarności.

ZMIĘKCZANIE

Przez wyżarzanie lub normalizowanie, ma na celu ułatwienie obróbki maszynowej

CEMENTOWANIE (nawęglanie)

Polega na ogrzaniu niskowęglistej stali do temperatury ponad temp. normalizowania w ośrodku, który spowoduje wzrost zawartości węgla w warstwie powierzchniowej, podczas gdy rdzeń nie zmienia swego składu przez proces cementowania.

ULEPSZANIE POWIERZCHNI CEMENTOWANEJ

Oznacza nagrzanie stali do temperatury normalizowania, a następnie ochłodzenia w oleju lub wodzie.

Należy dodać jeszcze krótką uwagę na temat odpuszczania. Stosowane temperatury muszą leżeć poniżej dolnej temperatury krytycznej danej stali. Dla przyśpieszenia procesu i dla uniknięcia ,,kruchości odpuszczania'' części stalowe zwykle chłodzi się w wodzie od temperatury odpuszczania. Jeśli temperatura jest wyższa od dolnej temperatury krytycznej, wówczas część lub wszystek perlit przejdzie w austenit, i przez zanurzenie w wodzie nastąpi częściowe powtórne zahartowanie. To może wywołać nadmierną kruchość przedmiotu.

Tak przedstawia się sprawa w odniesieniu do stali węglistych. Rozpatrzmy teraz krótko, jaki wpływ mają składniki stali stopowych.

Nikiel zajmuje pierwsze miejsce w rzędzie dodatków stopowych, dając stale o znakomitych właściwościach, mogących zadowolić prawie każdą dziedzinę przemysłu. Nikiel rozpuszcza się w ferrycie, wzmacnia go i czyni odpornym na uderzenia, a ponadto wywiera poważny wpływ na obróbkę cieplną.

Nikiel obniża górną temperaturę krytyczną,tak że temperatury normalizowania i hartowania stali niklowych są niższe, aniżeli dla odpowiadających im stali węglistych. Ponad to zmniejsza on znacznie szybkość chłodzenia konieczną do utrzymania struktury austenitycznej, a tym samym i szybkość chłodzenia potrzebną dla otrzymania struktury martenzytycznej. To oznacza, że:

a) gdy dodamy do stali 1 - 3% niklu, to przedmioty o cienkich przekrojach można w pełni zahartować w oleju zamiast w wodzie,

b) ,,wpływ masy'' może być zredukowany, gdyż powodem złego zahartowania rdzenia grubych przekrojów ze stali węglistych, jest stosunkowo mała szybkość odprowadzenia ciepła z rdzenia pomimo stosowania gwałtownie studzących ośrodków.

c) wraz ze wzrostem zawartości niklu, coraz to silniej zaznaczają się objawy podane pod a) i b), tak że np. stal zawierająca 13% niklu może być zupełnie zahartowana przez ochłodzenie w powietrzu.

TABELA I.

Stal	C. %	S. %	P %	Mn %	N %	Cr. %	Mo %	Stan stali.	kg/mm²	Wydłużenie %	Udarność Izod'a. kgm
V 2	0.20 maks	0.06 maks.	0.80 maks.					Walcowana na goraco lub normalizowana. Wyżarzana. Walcowana na zimno	41 31 47	28min 28 " 20 "	
V 3	0.15 0.25	0.06 maks.	0.06 maks.	0.40 0.80				Walcowana lub normalizowana. Przeciagana na zimno.	44 55	25min 15 "	
V 4	0.28 0.38	0.06 maks.	0.06 maks.	0.60 1.00				Walcowana lub normalizowana.	50	25min.	
V 4 A	0.35 0.45	0.06 maks.	0.06 maks.	0.60 1.00				Walcowana lub normalizowana.	55	20min.	
V 4 B	0.45 0.55	0.06 maks.	0.06 maks.	0.70 1.00				Walcowana lub normalizowana.	63	15min	
V 5	0.50 0.60	0.60 maks.	0.06 maks	0.50 0.80				Normalizowana. Przeciagana na zimno.	71 79	18min. 12.5 "	
V 7	0.30 0.38	0.06 maks.	0.06 maks.	1.30 1.70				Ulepszona cieplnie.	78	20min	3.5
V 9 A	0.30 0.38	0.05 maks.	0.05 maks.	1.30 1.80			0.20 0.35	Ulepszona cieplnie.	94	17 min.	5
V 9 D	0.35 0.45	0.05 maks	0.05 maks.	0.50 0.80		0.90 1.20	0.20 0.35	Ulepszona cieplnie	102	16 min.	5
V 10	0.35 0.43	0.05 maks.	0.05 maks.	0.50 0.70	1.30 1.80	0.90 1.40	0.20 0.35	Ulepszona cieplnie.	110	15	4
V 11	0.27 0.35	0.05	0.05	0.50 0.70	2.30 2.80	0.50 0.80	0.40 0.70	Ulepszona cieplnie.	126	14	3.5
V 13	0.26 0.34	0.05	0.05	0.40 0.60	3.90 4.30	1.10 1.40		Ulepszona cieplnie.	158	10	15

d) wpływ niklu jest tak silny, jeśli chodzi o szybkość chłodzenia, że hartowanie stali o wysokiej zawartości niklu powoduje utrzymanie struktury austenitycznej w normalnej temperaturze otoczenia. Stal o zawartości 29% niklu chłodzona w powietrzu zatrzymuje czysto austenityczną strukturę, i nie można ją w ogóle utwardzić przez zastosowanie zwykłych sposobów bróbki cieplnej.

Wpływ *chromu* jako składnika stali różni się pod pewnymi względami od wpływu niklu. Chrom tworzy związki chemiczne z węglem, rozpuszcza się tylko częściowo w żelazie i podnosi górną temperaturę krytyczną stali w przeciwieństwie do niklu, lecz podobnie jak nikiel, redukuje szybkość studzenia. Powoduje on opóźnienie wszystkich przemian strukturalnych stali zarówno przy ogrzewaniu jak i chłodzeniu, dlatego też może częściowo zastąpić ilość niklu potrzebną dla uzyskania austenitycznej lub martenzytycznej stali. Stal zawierająca 4% niklu i 1% chromu hartuje się z łatwością w powietrzu, nawet w przekrojach do 100 mm grubości, dając bardzo jednorodną strukturę.

Molibden jest również ważnym metalem jako składnik stali stopowych. Tworzy węgliki, a dodany w małych ilościach podnosi znacznie hartowność stali. W stalach zawierających molibden w połączeniu z niklem i chromem można uzyskać doskonałą jednorodność przy zahartowaniu, nawet w przekrojach o grubości do 150 mm.

Mangan wywiera wpływ podobny do niklu, lecz wystarcza mniejszy jego procent dla uzyskania tych samych wyników. Stal molibdenowo-manganowa ma dziś bardzo szerokie zastosowanie dzięki doskonałym właściwościom fizycznym a zwłaszcza dużej wytrzymałości na rozciąganie 80 kg/mm².

Wanad może zastąpić molibden i nie ma tu potrzeby omawiania go.

Należy zauważyć, że twardość i wytrzymałość stali stopowych jest tego samego rzędu co i stali węglistych, jednak w stalach stopowych uzyskuje się je dla znacznie grubszych przekrojów, oraz przy jednakowej wytrzymałości na rozciąganie, stal stopowa wykazuje wyższą udarność. W Tabeli I podane są składy chemiczne i osiągnięte właściwości stali w przekrojach o grubości około 30 mm. Tabela II ilustruje ,,wpływ masy'' i między innymi podaje najlepsze kombinacje mechanicznych właściwości jakie dziś można uzyskać w przekrojach o grubości do 150 mm.

Do niedawna jeszcze brak było ścisłych wiadomości, dotyczących zmian strukturalnych w różnych stalach, temperatur i szybkości chłodzenia, oraz czasów potrzebnych na całkowite dokonanie się przemian. Lecz na szczęście w ostatnich latach wiele

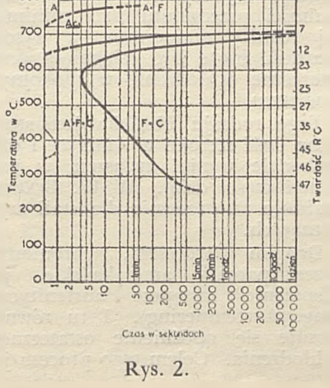
TABELA II.

Stal	Min:malne własności mechaniczne.			Maksymalna grubość mm
	Wytrzymałość na rozciąganie kg/mm².	Wydłużenie %	Udarność Izod'a lb/ft.	
V4A	40	22	15	63 5
V7	50	20	25	28 5
	45	20	20	101 5
V9A	60	17	28	28.5
	55	18	32	63.5
	50	20	32	101 5
	45	20	32	152.0
V11	100	10	8	101.5
	80	12	20	1520
V13	100	10	10	1520

pracy włożono w tym kierunku, specjalnie w St. Zjednoczonych, a ,,United States Steel Corporation'' dała wielki wkład w zdobyciu wiadomości, tak bardzo potrzebnych i ciekawych dla każdego kto interesuje się obróbką cieplną.

Przemiana austenitu w węgliki o różnej postaci jest podstawą zmian właściwości mechanicznych, uzyskiwanych przez obróbkę cieplną i wiemy że przemiany te zależą od czasu, względnie szybkości, i od temperatury. Jeśli będziemy mogli zestawić wpływy tych dwu czynników w całym zakresie temperatur, dla pewnego gatunku stali, to będzie to w odniesieniu do niej niezwykle cenną informacją. Pierwszy tego rodzaju wykres ukazał się w 1930 r., przyczym trudność polega na tym, że każdy taki wykres wymaga przeprowadzenia obróbki termicznej i badań wytrzymałościowych na około 100 próbkach. United States Steel Corporation dokonało tej mozolnej pracy z 47-miu gatunkami stali o różnym składzie, a wyniki jej ogłoszono w tzw. przez nich ,,Atlas of Isothermal Transformation Diagrams'' (Atlas wykresów przemian izotermicznych).

Typowy tego rodzaju wykres albo tzw. ,,Krzywa—S'' jest przedstawiona na rys. 2.



Rys. 2.

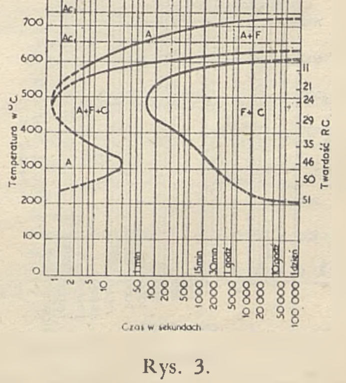
Temperatury przy których zachodzą przemiany są naniesione po lewej stronie wykresu w stopniach Celsius'a, a po prawej stronie twardość w jednostkach Rockwell a jaką stal posiada po odbyciu się przemiany przy danej temperaturze. Dolna liczba na skali twardości, podaje w każdym wypadku twardość próbki zahartowanej w ,,kąpieli'' solnej, i przedstawia praktycznie najwyższą osiągalną twardość dla danego gatunku stali. Czas jest odcięty na skali logarytmicznej w sekundach, a to w celu pomieszczenia na stosunkowo krótkim odcinku zarówno krótkich jak i bardzo długich okresów czasu, potrzebnych na zajścia niektórych przemian.

Krzywe przedstawiają czas potrzebny, aby austenit osiągnął początek przemiany, doszedł do stanu pośredniego, lub uległ całkowitej przemianie przy jakiejkolwiek temperaturze niższej od temperatury, w której austenit jest trwały. Używając zatem tego wykresu, możemy uświadomić sobie, jak stal będzie się zachowywać przy różnych szybkościach studzenia jej, poczynając od temperatur przy których posiada strukturę austenitu.

Najwyższa krzywa wykresu, górnym swym końcem dochodzi asymptomatycznie do temperatury ,,równowagi'', powyżej której austenit jest bezwzględnie trwały (linia Ac3) i przedstawia początek wydzielania się ferrytu w stalach o zawartości węgla niższej od 0,89% i początek wydzielania się cementytu w stalach o zawartości węgla wyższej.

Następna od góry krzywa przedstawia początek rozpadania się pozostałej jeszcze części austenitu, którego rozkład daje mieszaninę eutektoidalną, w której najbardziej jesteśmy zainteresowani.

Przy ,,kolanie'' tej krzywej, obie wyżej wspomniane krzywe łączą się (patrz rys. 3) i poniżej ,,kolana'' potrzebna jest tylko jedna krzywa, aże-



Rys. 3.

by wskazać początek przemiany. Dolna krzywa po prawej stronie wskazuje czas konieczny dla uzyskania całkowitej przemiany, dla każdej temperatury.

Czysty austenit istnieje w strefie oznaczonej literą ,,A'', austenit i ferryt w strefie oznaczonej ,,A''+,,F'', austenit, ferryt i cementyt w strefie oznaczonej ,,A''+,,F''+,,C'', a w polu oznaczonym ,,F''+,,C'' istnieje tylko ferryt i cementyt, ponieważ w strefie tej zaszła kompletna przemiana austenitu.

Cienka przerywana linia w strefie ,,A''+,,F''+,,C'' określa czas potrzebny do przemiany połowy austenitu.

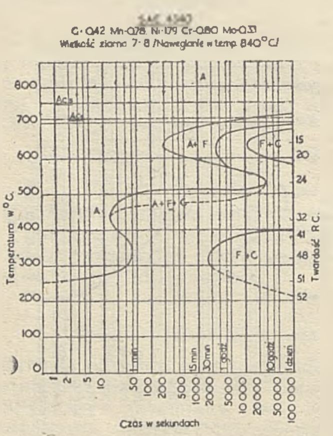
Część wykresu poniżej 205°C (400°F) pozostawiono niekompletną, gdyż ciągle jeszcze nie ma pewności co dzieje się w tych zakresach temperatur.

Warto przytoczyć kilka uwag na temat ,,krzywych—S''.

Im niższa jest temperatura przy której następuje przemiana, tym drobniejsza jest struktura powstałego cementytu i tym wyższa jest twardość materiału.

Zwiększenie zawartości procentowej składnika stopowego, zawsze opóźnia przemianę, zwłaszcza ponad ,,kolanem'' krzywej (porównaj rys. 2, 3 i 4). To wyjaśnia w formie graficznej hartowanie się stali w oleju lub w powietrzu, zależnie od ilości celowo wprowadzonych składników stopowych do stali.

Wzrost wielkości ziarna stali, wpływa podobnie na hartowanie, ale w słabszym stopniu. Każda stal posiada wrodzoną wielkość ziarna, zależną od sposobu jej wyrobienia. Gdybyśmy zbadali wielkość ziarn różnych gatunków stali poddanych dokładnie takiej samej obróbce cieplnej, to przekonalibyśmy się, że stale o grubszym ziarnie posiadają większą hartowność i dają lepsze wyniki hartowania zwłaszcza tam, gdzie odgrywa rolę ,,wpływ masy''. Te zjawiska stwierdzono doświadczalnie i to samo wskazują ,,krzywe—S'' przez przesunięcie się w kierunku na prawo. Krzywe te wskazują, że raptowne ochłodzenie stali do temperatury poniżej ,,kolana'' krzywej, zatrzymują strukturę austenityczną, to jest stan miękki i ciągliwy, który pozwala na ewentualne prostowanie części. Z istnienia ,,zatoki'' w krzywej poniżej ,,kolana'' wynika, że przy tych niskich temperaturach stal może utrzymać strukturę austenityczną przez stosunkowo długi okres czasu bez wpływu na zdolność późniejszego jej utwardzania się w wyniku następnego ochłodzenia do temperatury otoczenia.



Rys. 4.

Ta szczególna właściwość wskazana przez krzywe—S jest podstawą obróbki cieplnej, określonej jako ulepszanie zastępcze martenzytyczne (ang. Martempering), polegające na zanurzeniu stali zagrzanej do temperatury hartowania, w kąpieli roztopionej soli o temperaturze np. 200°C. Temperatura kąpieli powinna być tak dobrana, by tworzył się martenzyt. Ochłodzenie do tej temperatury powinno być możliwie najszybsze, a to w celu uniknięcia rozkładu austenitu przy wyższych temperaturach. Podczas formowania się martenzytu zachodzi nieznaczny wzrost objętości i to niekorzystne zjawisko jest źródłem kłopotów z odkształceniami i pęknięciami, które kojarzą się z procesami obróbki cieplnej. Jeśli zewnętrzna warstwa przedmiotu podczas hartowania osiągnie strukturę martenzytyczną, a przemiana rdzenia z konieczności następuje z pewnym opóźnieniem, to powstają wówczas duże naprężenia, dające poważne niebezpieczeństwo pęknięć, a przynajmniej odkształcenia przedmiotu.

Stale posiadające lepszą hartowność wykazują większą tendencję do pękania i zniekształcania się, a wzmaga się ona jeszcze przy braku symetrii przedmiotu lub przy nagłych zmianach jego grubości. Gdy jednak przedmiot hartowany zanurzymy w kąpieli solnej o temperaturze, przy której następuje formowanie się martenzytu, i damy odpowiedni czas na wyrównanie się tej temperatury w całej masie przedmiotu, to martenzyt formuje się równomiernie w całej grubości przedmiotu przy minimalnej różnicy temperatur, a wysoka twardość może być osiągnięta przez ostateczne ochłodzenie w spokojnym powietrzu.

Tego rodzaju obróbka jest stosowana dość szeroko w Ameryce i daje doskonałe wyniki zwłaszcza w produkcji części dział. W W. Brytanii znajduje zastosowanie dla stali szybkotnących.

Drugim procesem, chronionym przez patenty amerykańskie, jest ulepszanie zastępcze austenityczne (ang. Austempering). I tu również stosuje się opóźnienie ostatecznego ochłodzenia. Celem tego procesu jest osiągnięcie pożądanej twardości przez jednorazowe nagrzanie i studzenie zamiast pełnego zahartowania i następnie odpuszczenia.

,,Krzywe—S'' wskazują temperaturę i czas chłodzenia potrzebny do osiągnięcia pożądanej twardości i to bez doprowadzenia do struktury martenzytycznej w ogóle. Na przykład można osiągnąć twardość Rockwella C. 37 w stali, której krzywą—S przedstawia rys. 3, przez zwykłe zahartowanie i odpowiednie odpuszczenie, lecz ten sam wynik możemy otrzymać przez raptowne ochłodzenie od temperatury hartowania do temperatury około 375°C, przetrzymania stali przy tej temperaturze przez 1 godzinę dla upewnienia się, że przemiana zaszła całkowicie w całej masie i następnie ochłodzenie w powietrzu. Poza zmniejszeniem możliwości odkształcenia przez uniknięcie doprowadzenia do maksymalnych zmian objętościowych, zostało stwierdzone, że stale węgliste i nisko stopowe poddane tego rodzaju obróbce cieplnej posiadają większą ciągliwość i wytrzymałość aniżeli ten sam materiał hartowny i odpuszczany do dokładnie tej samej twardości, według dawnych metod.

Najbardziej znamienne wyniki tego procesu osiąga się w stalach węglistych dla małych grubości (jak np. małe sprężyny i delikatne narzędzia) lecz tam gdzie uniknięcie odkształceń gra główną rolę, bez względu na osiągnięcie takich czy innych własności fizycznych, proces ten może być stosowany z korzyścią i do stali stopowych.

Samochodowe półośki wykonane ze stali chromowo-niklowej V.13 (patrz tabela 1) wykazywały zniekształcenia rzędu 4 mm po hartowaniu w temperaturze 820°C w sposób normalny i odpuszczeniu w temperaturze 200°C. Austenityczne ulepszanie zastępcze dla tych półosiek polega na przeniesieniu ich z pieca hartowniczego o temp. 820°C do drugiego pieca o temperaturze 400°C, przytrzymania w tej temperaturze przez jedną godzinę i następnie ostudzeniu w powietrzu. To zredukowało odkształcenia do 1,5 mm.

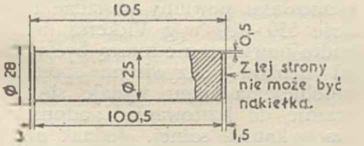
Inny przykład wartości ,,krzywych—S'' dają problemy wyżarzania. Często stawiamy pytanie: czy konieczne jest powolne chłodzenie w piecu aż do temperatury zewnętrznej. Odpowiedź daje ,,krzywa—S'', odnosząca się do danej stali. Krzywa wskazuje wyraźnie temperaturę, poniżej której wolne chłodzenie nie jest konieczne, ponieważ cały austenit już uległ przemianie zanim osiągnięta została ta temperatura. Znajomość tego może zaoszczędzić wiele cennego czasu pracy pieca.

,,Krzywe—S'' wymagają oczywiście żmudnej pracy przy ich ustalaniu i dużo jeszcze czasu upłynie, zanim będziemy mieli wystarczającą ich ilość

dla pokrycia nimi dużej różnorodności gatunków stali.

Informacje powyższe są nieraz koniecznie potrzebne i niezwykle użyteczne, specjalnie w odniesieniu do ,,hartowności'' i to zarówno jeśli chodzi o uzyskiwalną twardość, jak i możliwość hartowania grubych przekrojów.

W odniesieniu do tego ostatniego problemu, podawano wiele sugestii co do przeprowadzania prób, lecz metoda opracowana przez Waltera E. Jominy w St. Zjednoczonych wydaje się być najlepszą i ma największe dane do rozpowszechnienia i przyjęcia się.

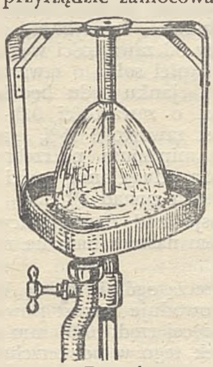


Rys. 5.

Do przeprowadzenia tej próby potrzebna jest próbka obrobiona maszynowo na kształt przedstawiony na rys. 5 z kołnierzem na jednym końcu i rozcięciem na drugim.

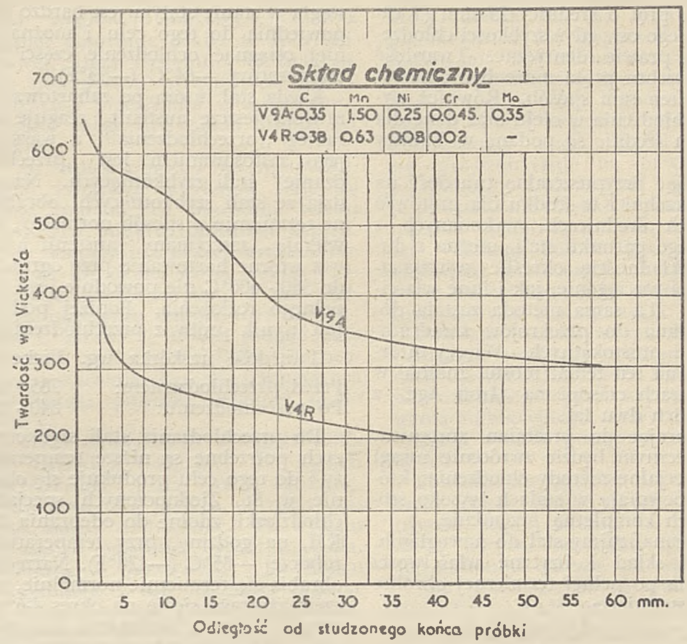
Próbkę zagrzewa się do temperatury hartowania, a następnie studzi się przy użyciu specjalnego do tego celu skonstruowanego urządzenia, które jest pokazane na rys. 6.

Chłodziwem jest woda, która wypływa z dyszy o średnicy wylotu 12,7 mm (½ cala). Koniec dyszy powinien znajdować się w odległości 12,7 mm (½ cala) od dolnego końca próbki. Ciśnienie wody musi być tak dobrane, by dawało strumień o wysokości 63,5 mm (2½ cala), gdy próbka nie jest w przyrządzie zamocowana.



Rys. 6.

Próba wykazuje jak zachowuje się stal przy hartowaniu z różnymi szybkościami chłodzenia, począwszy od 500°C (900°F) do 22°C (40°F) na sekundę. Po ochłodzeniu twardość próbki będzie malała w miarę oddalania się od wpierw i najintensywniej chłodzonego, rozciętego końca. Gdy stal pod względem hartowności jest niezbyt dobra, twardość będzie bardzo szybko malała, lecz duża twar-



Rys. 7.

dość utrzyma się na zadziwiająco dużej odległości od końca, gdy stal posiada dobrą hartowność. Zahartowana próbka jest bardzo starannie badana po zeszlifowaniu wzdłuż osi dokładnie naprzeciwko siebie leżących dwu płaszczyzn, przy głębokości szlifu 0,38 mm (15 tysięcznych cala). Pomiary twardości są robione co 1,59 mm ($^1/_{16}$ cala) licząc od zahartowanego (rozciętego końca), a rezultaty naniesione na siatkę podającą w skali pionowej twardości, a w skali poziomej odległości od końca próbki. Rys. 7 pokazuje w ten sposób otrzymane krzywe tzw. ,,krzywe Jominy'' dla dwu różnych gatunków stali, z których jedna posiada złą hartowność, a drugą dobrą (górna).

Te krzywe jednak mogą być interpretowane zadawalająco tylko przy pomocy tabel III i IV.

Szybkości chłodzenia podane w tych tablicach zostały ustalone na podstawie obszernych badań laboratoryjnych i skopiowane zostały z książki zatytułowanej ,,National Emergency Steels'' (Narodowe Stale Zastępcze) opublikowanej przez Joseph'a T. Ryerson & Son,Inc. w Stanach Zjednoczonych.

Jeśli chcemy wiedzieć jaką twardość uzyskamy po zahartowaniu w wodzie stalowego pręta o średnicy 75 mm (3 cale), to z tablicy IV odczytamy, że pręt o średnicy 75 mm (3 cale) zanurzony w wodzie chłodzi się z szybkością 222°C (400°F) na sekundę na powierzchni i z szybkością 8,3° (15°F) na sekundę w osi. Odnosząc się następnie do tablicy III widzimy, że ,,próbka Jominy'' chłodzi się z szybkością 8,3°C (15°F) na sekundę, w odległości w przybliżeniu 22 mm (7/8 cala) od hartowanego końca i stąd twardość, którą wskazuje ,,krzywa Jominy'' dla tego punktu, będzie praktycznie taka sama, jaką posiadać

TABELA III

Próba Jominy. Zależność szybkości chłodzenia (°C na sek.) od odległości (mm) od hartowanego końca.

1.5 .... 333°C	11.1 .... 21°C	25.4 .... 5.5°C
3.1 .... 105°C	12.7 .... 17°C	28.5 .... 4.7°C
4.7 .... 55°C	14.5 .... 14.5°C	31.7 .... 4 °C
6.3 .... 40°C	15.8 .... 12.5°C	38.1 .... 3.1°C
7.9 .... 31°C	19 .... 10°C	50.8 .... 2.4°C
9.5 .... 25°C	22.2 .... 8°C	

TABELA IV

Szybkość chłodzenia w °C na sek. okrągłych prętów przy hartowaniu od 705°C.

Średnica	Powierzchnia	1/2 promienia od powierzchni	Środek
25.4 mm. pręt			
Hartowany w wodzie	472°C.	15°C.	55°C.
Hartowany w oleju	66 5°C.	29°C.	25°C.
50.8 mm. pręt			
Hartowany w wodzie	305°C.	25.5°C.	17.8°C
Hartowany w oleju.	32°C	13.5°C.	10°C
76.2 mm. pręt			
Hartowany w wodzie.	222°C	15°C.	8.3°C.
Hartowany w oleju.	16.5°C	6.6°C.	5°C
101.6 mm pręt			
Hartowany w wodzie	55°C.	8°C	4.5°C.
Hartowany w oleju	8.3°C.	3.6°C	3.1°C.

będzie pręt o średnicy 75 mm (3 cale) w jego osi, gdyż szybkości chłodzenia są prawie identyczne. Twardość powierzchni pręta może być określona w ten sam sposób. Również wyniki chłodzenia w oleju oraz dane dla innych średnic są podane w Tablicy IV-tej.

Znając przypuszczalną twardość na powierzchni i w środku dla prętów o różnych średnicach, wykonanych z pewnego gatunku stali, można z dużą dokładnością określić wytrzymałość na rozciąganie, jak i inne właściwości. Ta sama metoda została dostosowana do przekrojów kwadratowych i prostokątnych. Więcej informacji na ten temat można znaleść w Numerach czasopisma „Iron Age" z ostatnich dwu lat.

Wracając do przemian austenitu, pożytecznym będzie zwrócenie uwagi na specjalne metody chłodzenia, które zapewniają w stalach wysoko stopowych kompletną przemianę.

Przeanalizujmy stal do nawęglania, której skład i fizyczne właściwości rdzenia po pełnej termicznej obróbce są następujące:

Stal chromowo-niklowa do nawęglania, B.S.S. 82.

Węgiel maks. 0,18%.
Mangan maks. 0,50%.
Nikiel 4,0 - 4,5%.
Chrom 1,0 - 1,6%.
Molibden maks. 0,50%.
Nawęglać w temperaturze 850 - 900°C.
Normalizować w temp. 830°C i chłodzić w powietrzu lub oleju.
Hartować od temp. 760°C w oleju.
Wytrzymałość na rozciąganie min. 135 kg/mm².
Wydłużenie min. 12%.
Udarność Izoda min. 3,5 kgm.

Naskórek zawiera oczywiście ok. 1% węgla i ostateczne hartowanie w oleju daje zbyt gwałtowne ochłodzenie dla uzyskania maksymalnej twardości, gdyż nieco austenitu pozostaje w stanie niezmienionym. Chłodzenie zaś w powietrzu jest zbyt powolne i daje za małą twardość naskórka. Naskórek powinien wykazać twardość minimum 750 według Vickers'a. Okazuje się, że gdy chłodzenie odbywa się do temperatury niższej od temperatura otoczenia, np. w jakiegoś rodzaju chłodziarce, zajdzie przemiana pozostałego austenitu w następstwie czego twardość naskórka wzrośnie o około 50 - 60 jednostek Vickers'a. Twardość ta utrzymuje się po przywróceniu do temperatury otoczenia, i żadnych oznak odpuszczania nie zaobserwuje się, zanim celowo nie osiągnie się temperatury 100°C lub wyższej.

„Przechłodzenie" (deep-freezing) może być przeprowadzone jako osobna operacja, po normalnej obróbce cieplnej nawet ze zwłoką kilku dni. Kąpiel mrożąca, zawierająca trójchlorek etylenu z dodatkiem dwutlenku węgla w stanie stałym jest bardzo odpowiednia do tego celu i można w niej osiągnąć ochłodzenie części do temperatury —64°C (—93°F).

Każda stal, która po zahartowaniu zawiera jeszcze austenit, reaguje na zabieg „przechłodzenia", a ważnym jego zastosowaniem jest „przechładzanie" stali szybkotnących. Narzędzia ze stali szybkotnących, obrabiane termicznie w sposób normalny, zawierają „zatrzymany" austenit i nawet wtórne hartowanie przy ogrzaniu do 580 - 600°C nie powoduje jego zupełnego rozłożenia. Poniżej podany jest wynik próby z przechłodzeniem:

Twardość naskórka wg. Vickers'a	
Przed przechłodzeniem:	785 - 806
Po przechłodzeniu:	840 - 850

Do przechładzania stali szybkotnących potrzebne są niższe temperatury i do tego celu produkuje się obecnie w St. Zjednoczonych specjalne chłodziarki, zdolne do odebrania 252 Kal. na godzinę, przy temperaturze roboczej —85°C (—120°F). Narzędzia obrabia się termicznie normalnie, poczem zamraża się je na okres 4-6 godzin i poddaje wtórnemu hartowaniu. Również dobre rezultaty osiąga się stosując hartowanie, wtórne hartowanie i przechłodzenie. Dane porównawcze odnośnie tego rodzaju obróbki dla stali szybkotnących podano w Tabeli V.

TABELA V.

Rodzaj narzędzia.	Gatunek stali szybkotnącej	Ilość części obrabianych	
		normalnym narzędziem	przechłodzonym narzędziem
Przebijak, sześciobok 3/16" (około 4.7 mm)	18/4/1.	100 000	568 000
Wiertła średnicy 43/64" (około 17 mm)	16% Wolframu	100ˣ	300 - 500ˣ
Frez 5/64" (około 35 mm)	18% Wolframu	6000ˣ	13000ˣ
Gwintownik S.A.E. 3/4" (około 19 mm)	18% Wolframu	4900ˣ	10.000ˣ
Przecinak	18% Wolframu	800	1.900
Nóż tokarski do grubego [illegible]	18% Wolframu	50ˣ	100ˣ
Punktak, średnica 1/4" (około 6.3 mm)	18% Wolframu	10 000ˣ	30 000ˣ

x ponowne ostrzenie.

Proces ten nie poprawi twardości narzędzi zmiękczonych na powierzchni na skutek odwęglania.

Sprawy odwęglania nie należy pominąć bez poświęcenia uwagi operacjom termicznym w kąpielach solnych. Wydawałoby się, że metoda ogrzewania w kąpielach solnych zabezpiecza całkowicie przed odwęglaniem, lecz tak nie jest. Sole nawęglające są dobrze znane i łatwo osiągalne, lecz równie łatwo można nabyć sole, które z nieprawdopodobną gwałtownością mogą odwęglić. Sole obojętne mimo, że jako takie reklamowane i sprzedawane, praktycznie nie istnieją. Stosowanie kąpieli lekko nawęglającej zabezpiecza przed odwęgleniem, a osiągnąć to można przez dodanie do kąpieli 5 - 10% cjanku sodu.

Są jednak wypadki gdzie nie może być tolerowane ani nawęglanie ani odwęglenie np.

a) przy powtórnym zagrzewaniu części nawęglonych, które po nawęgleniu zostały obrobione maszynowo, celem usunięcia wysokowęglowego naskórka z pewnych powierzchni.
b) gdy hartujemy i odpuszczamy drobne części, których twardość powierzchniowa musi być dotrzymana z bardzo małą tolerancją.

W wypadku a) sole nawęglające utwardzą powierzchnie, które powinny pozostać miękkie, a użycie soli odwęglających spowoduje obniżenie twardości powierzchni nawęglonych.

Drobne części, o których była mowa w punkcie b) np. części broni mało-kalibrowej wykonywane są zazwyczaj ze stali węglistej 0,8 - 0,9%C i ze względu na współpracę z innymi elementami powinny posiadać twardość 650 - 700 w/g Vickersa, a ponadto powierzchnie muszą być wolne od tlenków. Oczywistym sposobem zapobieżenia temu wydaje się być grzanie do hartowania i odpuszczania w kąpieli solnej. Jednak użycie soli lekko nawęglających spowoduje powstanie twardszego naskórka i niepożądany wzrost twardości. Użycie tzw. soli obojętnych nie rozwiązuje trudności, gdyż po paru minutach używalności stają się one odwęglające i powodują zmiękczenie powierzchni. Tu jednak przychodzi z pomocą pewien kompromis. Jeśli jednorazowo zagrzewamy tylko małą ilość części i staramy się skrócić czas ogrzewania do koniecznego minimum, tak by tylko osiągnąć temperaturę hartowania to w tym krótkim czasie zanurzenia w kąpieli nastąpi wprawdzie odwęglanie, ale będzie ono tak nieznaczne, że nie wpłynie na odczyt twardości. Równoczesne ogrzewanie większych ilości części wymaga dłuższego czasu, stąd większy stopień odwęglania i więcej braków. Praktyka potwierdza, czego zresztą należy się spodziewać, że szybkość odwęglania zależy od zawartości węgla w stali i tak kąpiel solna o zawartości poniżej 8% cjanku sodu będzie odwęglała stal o zawartości 0,8 - 0,9%C, natomiast zawartość 16% cjanku sodu jest minimum potrzebnym dla uniknięcia odwęglania części ze stali o zawartości ponad 1%C.

Dyskusja nad nawęglaniem i odwęgleniem nasuwa nam na myśl azotowanie.

Jest rzeczą ogólnie znaną, że azotowanie powoduje rozrost powierzchni, mniej więcej rzędu 0,01 mm na 1 cm na skutek tego w powierzchni azotowanej występują naprężenia ściskające, co posiada korzystny wpływ na odporność na zmęczenie. Złom zmęczeniowy powstaje pod wpływem zmiennych naprężeń rozciągających, lub naprzemian zmiennych naprężeń ściskających i rozciągających. Jeśli naprężenia są wystarczająco wysokie, by doprowadzić do złamania, na skutek zmęczenia materiału to stwierdzono, że można przeciwdziałać temu i podnieść znacznie wytrzymałość części na zmęczenie przez wywołanie

wstępnych naprężeń ściskających w powierzchni materiału. Łatwo jest to wytłomaczyć. Jeśli powierzchnię w której istnieją naprężenia ściskające poddamy naprężeniu rozciągającemu, to wypadkowe naprężenie rozciągające będzie mniejsze od wywartego, właśnie o wielkość naprężenia wstępnego.

Wstępne naprężenia ściskające powierzchniowe mogą być sztucznie wywołane śrutowaniem. Wiele pracy poświęcono tej dziedzinie w ostatnich latach, a to głównie w celu zwiększenia trwałości różnego rodzaju sprężyn.

Wstępne naprężenie ściskające otrzymać można, jak wspomniano przez azotowanie i posiadać ono może duże znaczenie nawet w wypadkach takich, gdzie wysoka twardość powierzchni równocześnie otrzymywana nie jest specjalnie ważna, lub pożądana.

W związku z azotowaniem, powróćmy jeszcze do narzędzi ze stali szybkotnącej i do kąpieli solnych.

Kąpiel z cjanku potasu użyta do zwykłego utwardzania daje twardy trudno ścieralny naskórek, gdyż w czasie tego procesu tworzą się na powierzchni węgliki i azotki. Zachodzi więc zarówno nawęglanie jak i azotowanie, jeśli temperatura kąpieli jest utrzymywana w granicach od 800 do 950°C, jak to zwykle ma miejsce. Gdy jednak temperaturę kąpieli obniżymy do 570°C, to ustanie proces nawęglania i zachodzić będzie tylko azotowanie.

Stal szybkotnąca składem swym odpowiada warunkom azotowania. Doświadczalnie stwierdzono, że różnego rodzaju narzędzia, poddane azotowaniu jako ostatecznej obróbce po hartowaniu i szlifowaniu, wytrzymują znacznie dłużej, są bardziej odporne na stępienie i posiadają większą sprawność skrawania. Zastosowanie azotowania do narzędzi daje przeciętnie do 40% oszczędności w kosztach narzędzi.

Oczywiście wadą jest, że narzędzia azotowane tracą swoje własności po przeszlifowaniu, lecz niektóre narzędzia nawet po przeszlifowaniu posiadają długi żywot, bez powtórnego azotowania. Drobne narzędzia azotowane mogą wykazać kruchość ostrza, lecz można tego uniknąć przez ograniczenie czasu azotowania.

Azotowanie narzędzi powinno się odbywać w kąpieli o składzie 60% cjanku sodu i 40% cjanku potasu. Aktywność nowej kąpieli nie jest zadawalająca, dlatego przed oddaniem do użytku powinna być poddana „starzeniu" przez okres 15-tu godzin, w temperaturze 570°C. Kąpiel powinno się uzupełniać mieszaniną 70% cjanku sodu i 30% cjanku potasu. Dodatek cjanku potasu jest konieczny ze względu na utrzymanie punktu topliwości poniżej temperatury azotowania. Tygiel oraz osłona termopary muszą być wykonane ze stali węglowej miękkiej, ponieważ kąpiel absorbuje nikiel ze stali stopowej, który następnie wydziela się na powierzchni przedmiotów azotowanych i przeszkadza w azotowaniu. Kąpiel musi być zatem wolna od niklu.

Na skutek ciągłego ogrzewania kąpieli zawartość węglanów staje się dość znaczna, co powoduje wzrost gęstości i punktu topliwości kąpieli. Gdy temperatura kąpieli zostanie obniżona do około 500°C węglany zaczynają opadać na dno, a przy dalszym obniżeniu temperatury do 470 - 480°C można je z dna usunąć przy pomocy dziurkowanej łyżki. Po procesie starzenia kąpieli temperatura topliwości powinna wynosić około 430°C.

Przed zanurzeniem w kąpieli należy narzędzia podgrzać. W kąpieli przetrzymać przez jedną godzinę, przy czym dla małych narzędzi czas ten można zredukować. Po wyjęciu z kąpieli pozwolić, by sól obciekła, chłodzić w powietrzu, a w końcu oczyszczone z soli narzędzia opłókać w gorącej wodzie. Tam gdzie wymagana jest dyfuzja w głąb, np. przy delikatnych narzędziach, to można to osiągnąć przez ogrzewanie w obojętnej kąpieli solnej o temp. 570°C, przez okres 1-nej godziny.

Twardość powierzchni narzędzi po azotowaniu powinna wynosić 1000 - 1100 w/g Vickersa przy obciążeniu diamentu 5 kg. Próba twardości przy tym małym obciążeniu wymaga dużej staranności, lecz wystarczy zbadać dwa lub trzy narzędzia z całej ilości razem azotowanej.

Głębokość naskórka po jednej godzinie azotowania wynosić powinna około 0,038 mm i łatwo ją można zobaczyć na przekroju poprzecznym wytrawionym 3% roztworem „nitalu". Wygląd powierzchni po azotowaniu i myciu jest dobrym wskaźnikiem dokładnie wykonanego procesu. Powierzchnia powinna mieć lustrzany metaliczny wygląd, w przeciwieństwie do matowej szarej powierzchni, powstającej w wypadku zastosowania nieodpowiednio dobranego stosunku soli.

Podczas starzenia kąpieli, część cjanków utlenia się i zamienia się na cjaniany. Handlowe gatunki cjanków zawierają około 1,25% cjnianów, lecz liczba ta zwiększa się do ok. 5% przez proces starzenia i przy tej zawartości kąpiel pracuje zupełnie dobrze. Wydzielający się azot wchłaniany przez stal pochodzi z cjnianów i dlatego nowa kąpiel nie ma potrzebnej zdolności azotującej.

Zwykły proces azotowania w amoniaku gazowym nie może zastąpić wyżej opisanej metody, gdyż powoduje nadmierne tworzenie się azotków, a to z kolei znaczną kruchość. Przy rozkładzie cjanianów w kąpieli solnej, oprócz azotu wydziela się węgiel w niezwykle subtelnej postaci, który osadza się na powierzchni przedmiotu i nie dopuszcza do absorbowania nadmiernej ilości azotu.

Poprzednio wspomniano, że należy unikać tygli i osłon termopar wykonanych ze stali stopowej, gdyż nikiel absorbowany przez kąpiel osadza się elektrolitycznie na powierzchni przedmiotów azotowanych i powoduje powstawanie miękkich plam. Roztopione cjanki są dobrym elektrolitem, dlatego dobrze jest izolować azotowane przedmioty od tygla np. przez zawieszenie ich na drążku szklanym opartym o brzegi tygla.

Innym nowoczesnym sposobem wytwarzania twardych trudno ścieralnych powierzchni jest hartowanie powierzchniowe przy użyciu ogrzewania indukcyjnego, który to proces osiągnął znaczne postępy w ostatnich latach. *)

Powierzchnie ogrzewa się przy pomocy cewek indukcyjnych. Częstotliwość prądu zależnie od potrzeby może wynosić od kilku tysięcy do 100 milionów okresów na sekundę.

Moc potrzebna do ogrzewania wynosi około 1,5 kW na cm² powierzchni ogrzewanej i obecnie są na rynku zespoły o różnej mocy, przeciętnie od 50 do 150 kW. Wydajność takich zespołów jest bardzo duża.

Ogrzewanie indukcyjne jest bardzo ekonomiczne, gdyż około 80% mocy włożonej idzie na ogrzewanie przepuszczanych przez cewkę przedmiotów. Ponadto tylko niewielka objętość metalu na powierzchni przedmiotu jest ogrzewana. Te dwa czynniki razem dają ogromną oszczędność w porównaniu np. z nawęglaniem, wymagającym ogrzewania całej masy przedmiotu, mieszanki nawęglającej i skrzynek ,oraz powtórnego ogrzewania przedmiotu przy końcowym ulepszaniu cieplnym.

Ponieważ tylko cienka warstewka powierzchni jest ogrzewana, nie ma praktycznie odkształceń. Czas ogrzewania jest kwestią sekund, dlatego utlenianie się powierzchni jest bardzo nieznaczne, i nadmiar pozostawiony na oszlifowanie może być bardzo mały, lub operację tę można całkowicie pominąć.

Tylko jeden człowiek potrzebny jest do obsługi zespołu o bardzo dużej wydajności, a zainstalowanie zespołu jest opłacalne nawet gdy pracuje tylko w jednej połowie tygodnia.

Stal molibdenowo-chromowa o zawartości 1% Cr i 0,4% C hartowana indukcyjnie przy częstotliwości prądu 10.000 okr/sek. uzyskuje naskórek

---

*) *Dopisek tłomacza: ponieważ wiele powiedzieliśmy na temat hartowania indukcyjnego w poprzednich numerach „Przeglądu Motoryzacyjnego", ustęp ten został znacznie streszczony w stosunku do oryginału angielskiego i podano tylko najciekawsze uwagi.*

grubości 0,9 mm o twardości powierzchniowej min. 750 według Vickers'a. Stal węglista o zawartości 0,55% C osiąga twardość minimalną 800 w/g Vickers'a; przy tej samej grubości naskórka. Można twierdzić, że stal osiąga najwyższą praktycznie możliwą twardość. Wytrzymałościowe własności rdzenia nie ulegają zmianie, na skutek hartowania indukcyjnego

Im cieńszy ma być naskórek, tym wyższa częstotliwość musi być stosowana, gdyż daje to bardziej gwałtowny wzrost temperatury powierzchni, przy mniejszej penetracji ciepła. Najcieńszy naskórek otrzymuje się przy częstotliwościach zbliżonych do 100 mil. okr/sek.

Ogrzewanie indukcyjne stosuje się nie tylko do hartowania. Posiada ono wiele innych zastosowań jak np lutowanie twarde, grzanie kęsów itp.

Są to przykłady wielkiego postępu jaki osiągnięto w dziedzinie obróbki cieplnej w odniesieniu nie tylko do stali.

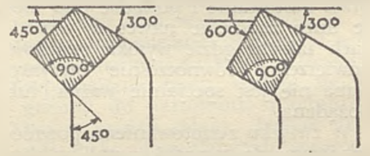
JAK DOBIERAĆ I UŻYWAĆ NARZĘDZIA Z NAKŁADKAMI ZE SPIECZONYCH WĘGLIKÓW

(J. Jacquet, „La Pratique des Industries Mecaniques", Vol. 26, No. 10, Jan., 1944 — „The Engineers'Digest", Vol. V, No. 10, October, 1944.)

Tłumaczył inż. Z. Jakusz, W.I.T.

Ogólne wskazówki.

1. Stosuj właściwy gatunek nakładki dla obróbki danego materiału. Nakładki produkowane są w wielu odmianach odpowiednich do obróbki metali o różnej twardości. Zwróć się do producenta nakładek o wskazanie najwłaściwszego gatunku dla twych potrzeb, udzielając mu wyczerpujących danych.
2. Na trzonek używaj stali o dużej wytrzymałości, dającej się łatwo lutować ,,na twardo" i nie odkształcającej się przy nagrzewaniu do temperatury 1100-1150°C. Półtwarda stal węglowa jest na ten cel zwykle najstosowniejsza.
3. Mocuj narzędzie z jak najmniejszym wyciągiem.
4. Unikaj zdzierania grubego wióra przy małej szybkości skrawania. Lepiej jest zwiększać szybkość skrawania niż grubość wióra.
5. Nie zaczynaj skrawania, zanim obrabiany przedmiot osiągnie szybkość skrawania.
6. Nie zatrzymuj obrabiarki w czasie skrawania. Odsuń całkowicie narzędzie od przedmiotu przed zatrzymaniem.
7. Sprawdź czy chłodzenie, jeżeli potrzebne, jest dostateczne i ciągłe.
8. Obchodź się ostrożnie z narzędziem, nie używaj młotka przy ustawianiu narzędzia.
9. Nie pozostawiaj narzędzia na stole lub łożu obrabiarki. Jeśli możliwe zabezpiecz krawędź tnącą drewnianą osłoną.
10. Krawędź tnąca winna być zawsze utrzymana ostra przez częste ostrzenie przy pomocy kamienia szlifierskiego lub pręta (osełki) z pyłu diamentowego.
11. Szlifowanie winno być wykonywane właściwym gatunkiem tarczy szlifierskiej przez wprawnego szlifierza.
12. Unikaj przegrzewania narzędzia w czasie ostrzenia. Nie studź nigdy narzędzia przez zanurzenie do wody, pozwól na swobodne stygnięcie w powietrzu.
13. Ostrzenie winno być przeprowadzone jak tylko krawędź tnąca się stępi. Nie pracuj nigdy tępą krawędzią.
14. Utrzymuj ściśle właściwe kąty ostrza.
15. Ustaw narzędzie dokładnie na wysokości osi toczonego przedmiotu. Jest to b. ważne. Dla zewnętrznego toczenia stali o różnych twardościach jest korzystne ustawić krawędź tnącą nieco powyżej osi toczonego przedmiotu ale nie więcej niż 0,01 średnicy toczonego przedmiotu.
16. Usuń wszelkie przyczyny drgań, sprawdź czy nie ma luzu na łożyskach i prowadnicach obrabiarki. Dla obróbki narzędziami z nakładkami z węglików spieczonych nadają się jedynie obrabiarki w bardzo dobrym stanie.



Rys. 1. *Zwykłe typy noży tokarskich.*

Warunki skrawania.

W zasadzie noże z nakładkami z węglików spieczonych są przeznaczo-

Tabela 1

Obrabiany materiał	Typ noża	Głębokość skrawania mm	Posuw mm	Szybkość m/min	Waga wióra kg/min	Czas między ostrzeniami godz.
Stal hartowana 200 kg/mm² . .	1	1,5	0,5	7 do 15	0,060	2
Oś kuta stalowa 84 kg/mm² . .	2	4	0,625	35	0,680	5
Zbiornik ze stali chromowo-niklowej 84 kg/mm², toczenie zgrubne	2	4,5	1,8	21	1,320	2,35
Stal na pociski 79 kg/mm² . . .	2	2,5	0,4	145	1,130	0,75
Wałzk kuty stalowy 79 kg/mm² .	1	3	0,2	149	0,690	1,10
Rura ze stali nierdzewnej 85 kg/mm²	1	2 5	0,49	45	0,440	1,25
Rura ze stali chromowo-niklowej 79 kg/mm²	1	4,5	0,33	79	0,925	1,80
Rura ze stali chromowo-niklowej 79 kg/mm²	2	3	1,3	35	1,060	2,50
Beben żeliwny 180° Brinella . .	4	4	0,93	70	1,870	8
Bęben brązowy	4	2,5	0,36	190	1,400	6
Bęben brązowy	4	2	0,92	144	2,170	4
Tuleja ze stali chromowo-niklowej 33 kg/mm²	1	3	0,27	65	0,410	1 30
Bieżnia rolek ze stali chromowoniklowej 110 kg/mm² . .	{ 2	2	1,28	19	0,380	0,75
	{ 3	2	1,28	19	0,380	2
Stal chromowoniklowa 84 kg/mm²	2	3	0,75	49	0,860	2,10
Stal hartowana 115–185 kg/mm².	1	5	0,3	16 do 24	0,230	0,45
Stal na pociski 105 kg/mm², wiór wykańczający	1	0,8	0,5	109	0,340	3,50
Półtwarde żeliwo 230° Brinella .	4	3	0,68	43	0,630	4
Żeliwo term. obrabiane 550° Brinella	4	2	0,3	12	0,055	2
Żeliwo specj. term. obrabiane 100 wg. Shora	4	1	0,25	6	0,012	1,10
Tuleja ze stali chromowo-niklowej, wiór wykańczający 84-88 kg/mm².	1	0,25	0,3	51	0,030	0,90
Stal chromowoniklowa 84 kg/mm²	2	3	0,75	48	0,840	1,70
Staliwo 68 kg/mm²	3	5	1	25	0,970	0,80

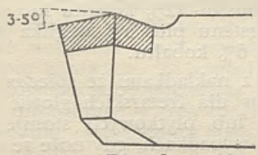
ne do skrawania z dużą szybkością przy małej grubości wióra, jednak niektóre gatunki nakładek pozwalają na stosowanie głębokości skrawania takiej jak i dla stali szybko tnącej. Tabela I podaje wyniki otrzymane przy skrawaniu różnych materiałów nożami z nakładkami. Stosowane narzędzia były starego typu, dosyć mocne i w dobrym stanie.

Noże tokarskie.

Rys. 1 przedstawia 45° i 60° noże odgięte, najodpowiedniejsze do przeniesienia nacisku bocznego na trzonek noża.

Toczenie z uderzeniami.

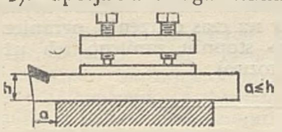
Dla toczenia z przerwami (np. toczenie mimośrodowo uchwyconej odkuwki) nakładka winna być możliwie największa, nóż powinien posiadać gruby trzonek dla przejęcia uderzeń. Dla zabezpieczenia ostrza powinien być nadany ujemny kąt skrawania (patrz rys. 2) aby uderzenie następowało poza krawędzią tnącą nie zaś wprost w kawędź.



Rys. 2.
Odciążona krawędź tnąca dla toczenia z uderzeniami.

Ustawienie noża.

Wysięg noża winien być zmniejszony do minimum i powinien być mniejszy od wysokości trzonka (patrz rys. 3). Specjalna uwaga winna być



Rys. 3. *Zmniejszenie zwisu.*

poświęcona wysokości ustawieniu noża. Dla toczenia brązu i żeliwa krawędź tnąca winna być na wysokości osi (rys. 4) Dla wszystkich gatunstali nieco powyżej osi toczenia i tak:

0,5 mm dla przedmiotów o średnicy od 20 - 100 mm;

1 mm dla przedmiotów o średnicy od 100 - 200 mm;

2 mm dla przedmiotów o średnicy od 200 - 300 mm;

3 mm dla przedmiotów o średnicy powyżej 300 mm.

Dla wytaczania wszystkich materiałów nóż winien być ustawiony dokładnie na wysokości osi otworu.

Zatrzymanie.

Gwałtowne zatrzymanie się obrabiarki na skutek przeciążenia silnika poślizgu pasa itp. powoduje zwykle uszkodzenie narzędzia. W wypadku takim należy:

1. Wyłączyć prąd lub zsunąć pas. Nie należy ruszać suportu.



Rys. 4. *Ustawienie noża.*

2. Zabezpieczyć uchwyt aby uniknąć obrotu przedmiotu.
3. Odkręcić śruby imaka nożowego, nóż wysunąć poziomo. W ten sposób prawdopodobnie ostrze noża zostanie uratowane, w innym wypadku złamanie ostrza jest pewne.

Sprawdzanie noży.

Niedomagania w pracy spowodowane są głównie przez:

a) wadliwe przylutowanie nakładki, b) niewłaściwie zaszlifowany i zaostrzony nóż, c) nieodpowiednie zamocowanie noża, zbyt duży wysiąg, nadmierna głębokość skrawania, posuw lub szybkość, d) zły stan obrabiarki — zbyt duże luzy w łożyskach lub prowadnicach, luźny pas, drgania lub nawet zatrzymywanie się obrabiarki.

Z chwilą gdy drogą prób zostały ustalone najlepsze warunki skrawania danym nożem, kontrola narzędziowa winna sprawdzać czy narzędzie jest używane właściwie zgodnie z ustalonymi zaleceniami oraz stale badać przyczyny niedomagań.

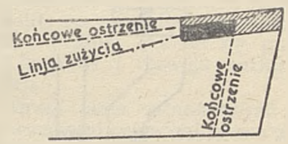
Rodzaje noży z nakładkami.

Noże z nakładkami z węglików spieczonych są w zasadzie tego samego kształtu i wielkości co noże z nakładkami ze stali szybkotnącej.

Wysoka cena nakładki często powoduje stosowanie zbyt małych nakładek, które trudno dają się dobrze przylutować do trzonka i mają małą wytrzymałość mechaniczną.

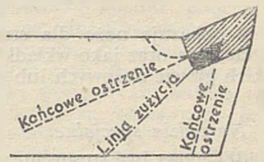
Małe nakładki mogą być stosowane jedynie do obróbki wykańczającej małym wiórem, ale i w tym wypadku szybko się zużywają.

Przy obróbce termicznie ulepszonego żeliwa, zużycie noża zachodzi prawie w poziomie, a nakładka zużywa się głównie od czoła. Zalecane jest stosowanie cienkiej długiej nakładki (rys. 5) pozwalającej na wielokrotne przeszlifowania.



Rys. 5.
Długa cienka nakładka dla obróbki ulepszanego żeliwa.

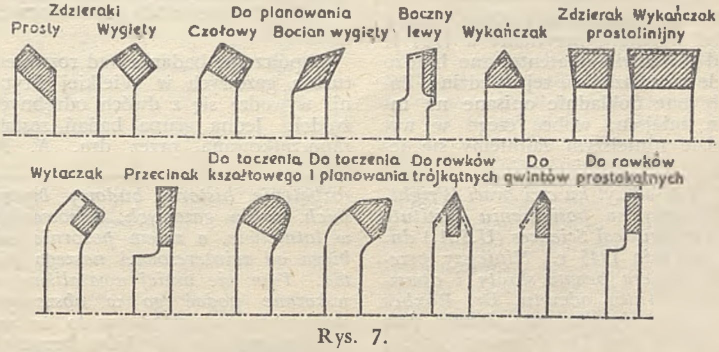
Przy obróbce półtwardej stali, zużycie nakładki następuje w kierunku dwusiecznej kąta ostrza, to też w tym wypadku nakładka winna być grubsza i krótsza i nachylona pod kątem odpowiadającym kierunkowi ostrzenia (rys 6) dla zapewnienia całkowitego jej wykorzystania.



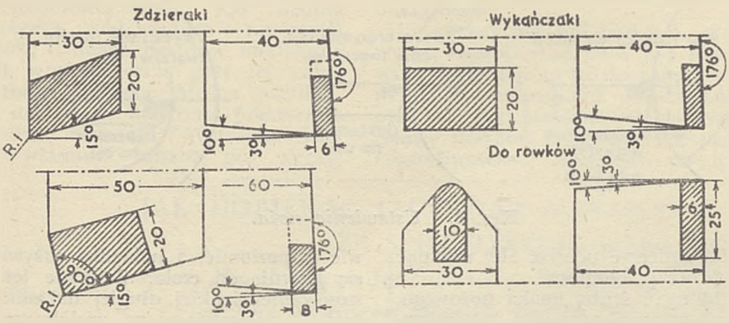
Rys. 6.
Nakładka dla obróbki stali.

Rys. 7 przedstawia typowe noże tokarskie z nakładkami z węglików spieczonych, stosowane w warsztatach mechanicznych.

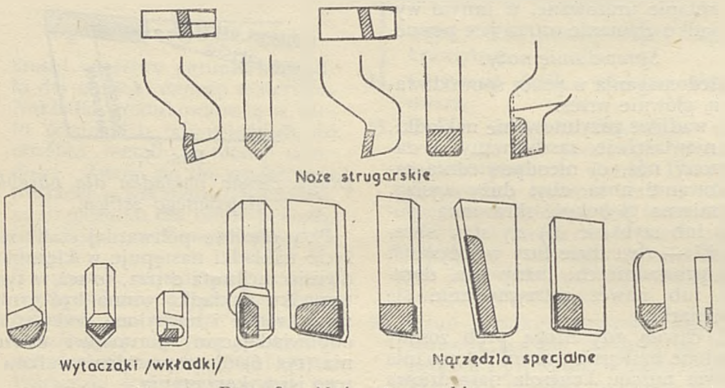
Nakładki pokazane na rys. 8 w tej samej skali co noże, zapewniają długotrwałość, jeśli ostrzenie jest właściwie wykonywane. Pokazane typy są szczególnie polecane dla obróbki żeliwa.



Rys. 7.
Noże tokarskie ogólnego użytku.



Rys. 8. *Najczęściej używane typy noży.*



Rys. 9. *Noże strugarskie.*

Rys. 9 pokazuje noże dla strugania, wytaczania oraz jako wkładki do frezarskich głowic nożowych lub płytkowych

Narzędzia specjalne.

Nakładki mogą być stosowane również dla wykonywania specjalnych frezów, wierteł, wytaczaków itp. Niektóre gatunki węglików spieczonych są odporne na uderzenia, a nakładki z tego materiału nadają się na noże do strugania. W tym wypadku nakładka musi być zabezpieczona przed oderwaniem od trzonka w czasie ruchu pierwotnego przez specjalną „piętę". Strugarki, w których używa się tego typu noża, muszą być mocnej i sztywnej budowy i nie posiadać luzów.

Narzędzia z nakładkami ze spieczonych węglików nadają się nie tylko do obróbki metali, ale również i do materiałów takich, jak szkło, porcelana, bakelit, ebonit, masy plastyczne itp.

Spieczone węgliki używane są również na nakładki do sprawdzianów szczękowych, rolki prowadzące, kły tokarskie, stopki mikromierzy, krzywki, matryce do przeciągania drutu lub rur itp.

Węgliki tungstenu, tytanu, tantalutungstenu są używane na narzędzia tnące. Węglik boru twardszy od węglika tungstenu jest bardzo kruchy, nie nadaje się na matryce do przeciągania drutu i jest stosowany do obróbki tych matryc, wykonanych z węglika tungstenu.

Na matryce do przeciągania, spieczone węgliki zastąpiły uprzednio używane lane węgliki z kobaltem; do tego celu stosowane są również węgliki kobaltu i tytanu jako dodatki do węglika tungstenu np. węglik tungstenu plus 6 - 12% kobaltu lub węglik tungstenu plus 5% węglika tytanu plus 6% kobaltu.

Noże z nakładkami ze spieczonych węglików dla frezarskich głowic nożowych lub płytkowych stosuje się tylko w wypadkach, gdy noże ze stali szybkotnącej nie dają pożądanych wyników.

Do ostrzenia głowic z nakładkowymi nożami potrzebne są specjalne ostrzarki narzędziowe, ostrzenie zaś pochłania dużo czasu. Duży koszt i trudności ostrzenia w połączeniu z koniecznością posiadania paru głowic na składzie, celem niezatrzymywania roboty na czas ostrzenia, ogranicza w dużym stopniu zarówno ich użycie jak i rozwój.

ROZWÓJ LOTNICZYCH TURBIN GAZOWYCH W WIELKIEJ BRYTANII [1])

(„British Aircraft Gas Turbine Engine Progres" by H. Roxbee-Cox, Ph.D., F.R.Ae.S. — „Aircraft Engineering", Vol. XVIII, No. 203, January, 1946.)

Streścił Dr. J. K.

I. SZKIC HISTORYCZNY.

Pierwszy patent na turbinę gazową został w Anglii przyznany w 1791 r. i od tej chwili opatentowano bardzo wiele wynalazków z tej dziedziny. Zostały one dokładnie opisane na innym miejscu, wobec czego w wykładzie niniejszym zajmiemy się jedynie wydarzeniami, które doprowadziły bezpośrednio do ostatnich osiągnięć.

Współczesne badania nad rozwojem turbin gazowych w Wielkiej Brytanii wywodzą się z dwóch odrębnych źródeł. Jedna grupa badań została zapoczątkowana przez dra. A. A. Griffith'a i jest związana z badaniami nad turbosprężarkami osiowymi. Druga grupa, zapoczątkowana przez Air Comm. Franka Whittle'a z rozwojem turbosprężarek promieniowych.

Przystąpimy obecnie do opisania tych dwóch linii rozwojowych.

[1]) *9-ty odczyt ku czci braci Wright, wygłoszony na posiedzeniu Institute of Aeronautical Sciences (U.S.A.) dn. 17 września 1945 r. Niniejszy przekład zawiera pewne skróty i opuszczenia. Autor odczytu, Dr. Roxbee Cox, jest dyrektorem „Power Jets (Research and Development) Ltd.". W swoim odczycie Dr. Roxbee Cox rozpatruje historię budowy brytyjskich turbin gazowych, stosowanych w lotnictwie, a zatem pozornie odbiega od zainteresowań naszego pisma. Tym nie mniej uważaliśmy za wskazane podać go w obszernym streszczeniu ze względu na to, że turbina gazowa jest silnikiem przyszłości. Obecnie już wchodzi w rachubę, według kół miarodajnych, stosowanie jej w okrętach i lokomotywach, a w przyszłości staje się prawdopodobnym możliwość użycia w autobusach. Wobec dużego przewrotu, który wprowadza ona do silników spalinowych, mamy zamiar temat ten uwzględnić obszernie w przyszłości. (Redakcja „Przeglądu Motoryzacyjnego".)*

Turbosprężarki osiowe.

W roku 1926 A. A. Griffith, współpracownik Instytutu Badawczego Royal Aircraft Establishment, stworzył aerodynamiczną teorię budowy turbin, opartą na badaniach nad opływem wokół profilów w odróżnieniu od starej teorii, która była oparta na równaniach przepływu przez kanały. W październiku tegoż roku teoria jego została przedstawiona na zebraniu przedstawicieli Ministerstwa Powietrza (Air Ministry) i Komitetu Badań Lotniczych (Aeronautical Research Committee). Zebranie to wyraziło przychylną opinię i zapoczątkowało serię doświadczeń. W roku 1927 rozpoczęto dwie takie serie.

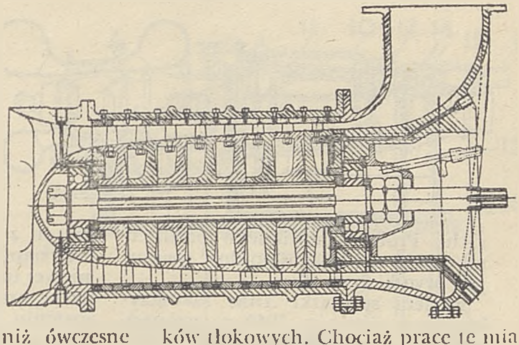
W wyniku pierwszej ukazał się w 1928 r. raport R.A.E. opisujący przepływ przez szeregi profilów, które imitowały układ łopatek sprężarki i turbiny. Metoda przeprowadzania doświadczeń nad grupami, czyli kaskadami nieruchomych łopatek w tunelach małych rozmiarów, zbudowanych specjalnie do tego celu, została później szerzej rozwinięta i szeroko stosowana przez konstruktorów turbin gazowych. Ze względu na to, że doświadczalne łopatki są przeważnie nieruchome w tych tunelach i że stosowane są względnie małe szybkości czynnika, metoda ta jest przydatna dla celów analizy jakościowej i dla celów porównawczych i nie nadaje się do uzyskiwania pewnych wyników liczbowych. Pomimo tego oczywistego ograniczenia, doświadczenia uzyskane na podstawie tych pomiarów i korelacji wyników stanowią pożyteczne narzędzie w pracy konstruktora.

Druga seria doświadczeń została przeprowadzona nad urządzeniem specjalnym, zaprojektowanym w 1928 r. Urządzenie to składało się w zasadzie z turbiny jednostopniowej i jednostopniowej sprężarki, osadzonych na wspólnym wale. Wirniki były napędzane przez odciąganie powietrza z kadłuba przy pomocy pompy. W ten sposób powietrze przepływało kolejno przez stator turbiny, łopatki turbiny, łopatki sprężarki i stator sprężarki. Łopatki zostały zaprojektowane w oparciu o teorię Griffith'a; pierwsze próby rozpoczęto w styczniu 1929 r.

Wyniki były bardzo zachęcające, ponieważ z tego niewielkiego doświadczalnego urządzenia (wewnętrzna średnica kadłuba 4", wysokość łopatki około 0,5") uzyskano sprawność około 91%. Jednakże nie znaleziono sposobu osobnego określenia sprawności turbiny i sprężarki.

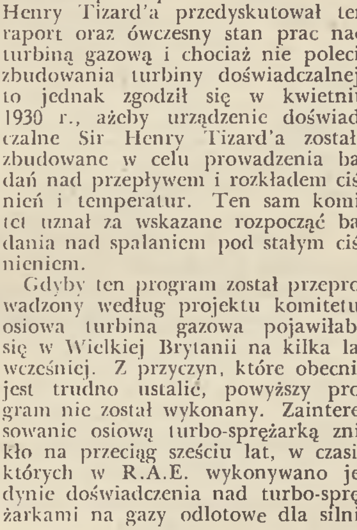
W listopadzie 1929 r. dr. Griffith opublikował oficjalny raport w którym przedyskutował możliwości zastosowania turbiny spalinowej do napędu śmigła samolotu. Doszedł on do wniosku, że silniki takie byłyby lżejsze, zajmowałyby mniej miejsca i by-

Rys. 1.
Przekrój osiowej turbosprężarki „Anne".



łyby bardziej sprawne niż ówczesne silniki tłokowe. Zaproponował on wtedy zastosowanie układu przeciwbieżnego o odwrotnych kierunkach obrotu turbiny i sprężarki i zbudowanie odpowiedniego urządzenia doświadczalnego. Osobny komitet A.R.C. pod przewodnictwem Sir Henry Tizard'a przedyskutował ten raport oraz ówczesny stan prac nad turbiną gazową i chociaż nie polecił zbudowania turbiny doświadczalnej, to jednak zgodził się w kwietniu 1930 r., ażeby urządzenie doświadczalne Sir Henry Tizard'a zostało zbudowane w celu prowadzenia badań nad przepływem i rozkładem ciśnień i temperatur. Ten sam komitet uznał za wskazane rozpocząć badania nad spalaniem pod stałym ciśnieniem.

Gdyby ten program został przeprowadzony według projektu komitetu, osiowa turbina gazowa pojawiłaby się w Wielkiej Brytanii na kilka lat wcześniej. Z przyczyn, które obecnie jest trudno ustalić, powyższy program nie został wykonany. Zainteresowanie osiową turbo-sprężarką znikło na przeciąg sześciu lat, w czasie których w R.A.E. wykonywano jedynie doświadczenia nad turbo-sprężarkami na gazy odlotowe dla silników tłokowych. Chociaż prace te miały inne cele na widoku, to jednak pozwoliły na osiągnięcie doświadczenia, które później okazało się przydatne w budowie i rozwoju turbin gazowych.

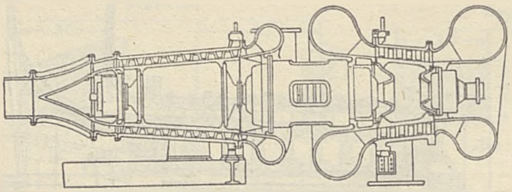


Rys. 2.
Charakterystyki turbosprężarki osiowej „Anne".

Drugi okres zainteresowań turbosprężarkami osiowymi rozpoczął się w 1936 r. W lipcu tego roku R.A.E. przystąpiło do budowy turbo-sprężarki osiowej, która miała 8 stopni, zbudowanych na zasadzie teori wiru swobodnego Griffith'a i została nazwana *Anne* (rys. 1). Średnica zewnętrzna wynosiła 6". Pierwszy model przewidywał regulację międzystopniowego pobierania powietrza w każdym stopniu i dyfuzorze. Pobieranie międzystopniowe powietrza miało na celu uniknięcie niebezpieczeństwa *przeciągnięcia* [2]) łopatek podczas rozruchu, natomiast pobieranie powietrza w dyfuzorze miało na celu regulację warstwy granicznej. Prace nad tą jednostką postępowały bardzo powoli i zakończyły się katastrofą. Jednostka ta została dopiero wykończona w 1938 r. i podczas próby, po 30-tu sekundach od chwili rozruchu, łopatki uległy zniszczeniu z powodu wadliwego zamontowania uszczelki olejów i wywołanego tym przegrzania.

Turbo-sprężarkę odbudowano później, jednakże już bez międzystopniowego pobierania powietrza i z większym luzem międzystopniowym. Zmiana ta została wprowadzona wskutek otrzymania wyników prac prof. Ackeret'a w Szwajcarii. Łopatka była zaprojektowana w oparciu o doświadczenia z 1928 r., zaś wygięcie zastosowano znacznie większe aniżeli w zagranicznych sprężarkach i wentylato-

[2]) *W pewnych warunkach pracy następuje odrywanie się strugi od łopatek wirnika turbosprężarki, podobnie jak to się zdarza z płatem, przy przekroczeniu pewnej wielkości kąta natarcia. Przez analogię do, przyjętego w lotnictwie, określenia „przeciągnięcia" płata używamy w artykule niniejszym terminu „przeciągnięcie" silnika. Zaburzenia przepływu, spowodowane „przeciągnięciem" powodują spadek wydatku turbosprężarki i ciśnienia powietrza. Warunki w których występuje „przeciągnięcie" silnika dają się ustalić jedynie na hamowni. (Przyp. tłumacza.)*



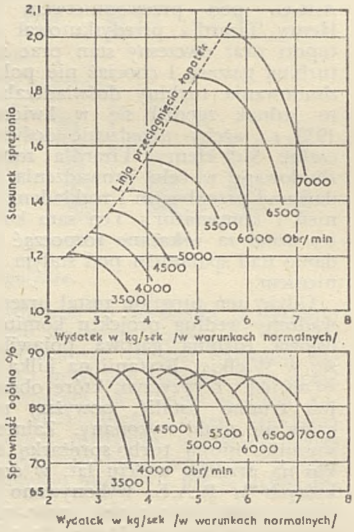
Rys. 3.
B.10 (1939 r.), turbo-sprężarka R. A. E. Metropolitan-Vickers.

rach. Próby wznowione w październiku 1938 r. i osiągnięto dość obiecujące wyniki (rys. 2).

Kariera sprężarki *Anne* zakończyła się w sierpniu 1940 r. wskutek uszkodzenia spowodowanego wybuchem bomb nieprzyjacielskich. Wkrótce po rozpoczęciu budowy *Anne* znacznie ambitniejszy projekt zaczął nabierać kształtu. W marcu 1937 r. H. Constant, współpracownik R.A.E., ogłosił referat omawiający możliwości zastosowania turbin spalinowych do napędu samolotów. Doszedł on do wniosku, że budowa jednostki, służącej do napędu śmigła jest zupełnie możliwa, zaś jej ciężar w stosunku do mocy i zużycie paliwa byłyby mniejsze lub przynajmniej równe wartościom spotykanym w ówczesnych silnikach tłokowych, za wyjątkiem pracy podczas lotu poziomego na niskich wysokościach. W referacie tym zwrócił on uwagę także na możliwości rozwojowe w dziedzinie polepszenia własności tworzyw i konstrukcji sprężarek, które mogłyby jeszcze zwiększyć zalety takiego urządzenia, zwracając jednocześnie uwagę na znaczną prostotę konstrukcyjną, która wyróżnia turbiny gazowe.

Referat ten został przedyskutowany w marcu 1937 r. na terenie podkomitetu silnikowego (Engine Sub-committee) A.R.C. pod przewodnictwem Sir Henry Tizard'a. Na posiedzeniu tym podkomitet rozpatrzył również konstrukcję napędu strumieniowego, zaprojektowanego przez Whittle'a. Podkomitet złożył opinię do Ministerstwa Powietrza, którą omawiać będziemy później, w związku z rozwojem silnika Whittle'a. W wyniku tych poleceń, biuro konstrukcyjne R.A.E. przystąpiło w kwietniu tegoż roku do pracy nad zaprojektowaniem turbiny do napędu śmigła.

R.A.E. nawiązało współpracę z firmą Metropolitan Vickers Electrical Co. Ltd. i w wyniku wstępnych dyskusji obydwie instytucje zadecydowały zaprojektować jednostkę, która składałaby się z osiowej sprężarki niskoprężnej, napędzanej przez niskoprężną turbinę gazową na wspólnym wale oraz z osiowej sprężarki wysokoprężnej, napędzanej przez wysokoprężną turbinę gazową i z oddzielnej turbiny, napędzającej śmigło. Urządzenie to oznaczono nazwą *B* i przestudiowano kilka różnych wariantów. Ostatecznie zadecydowano uruchomić budowę wirnika wysokoprężnego układu *B* o średnicy zewnętrznej, wynoszącej 18½". Układ ten oznaczono symbolem *B10*. Składał się on z osiowej sprężarki 9-stopniowej napędzanej przy pomocy 4-stopniowej turbiny gazowej (rys. 3). Sprężarkę uruchomiono poraz pierwszy w grudniu 1939 roku, zaś turbinę w marcu 1940 r. Cała jednostka *B10* została uruchomiona w październiku 1940 r. Wydaje się, że sprężarka *B10* była pierwszą dużą turbo-sprężarką osiową poddaną próbom w Anglii. Osiągnięcia jej były bardzo dobre



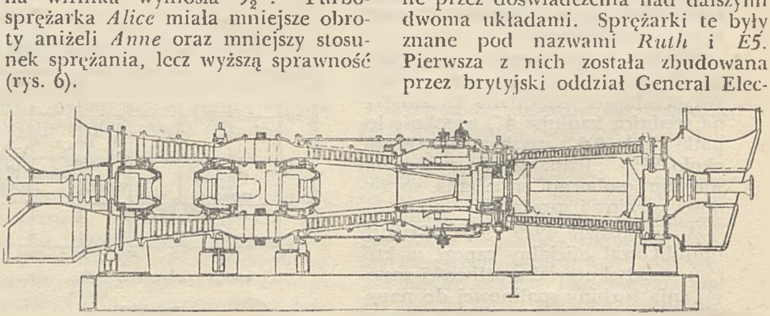
Rys. 4.
Charakterystyki turbosprężarki osiowej B.10.

(rys. 4). Również z początkiem 1939 r. firma C. A. Parsons wykończyła i poddała próbom 8-stopniową sprężarkę osiową, nazwaną *Alice*, której łopatki były typu R.A.E., podobne do łopatek *Anne*. Średnica zewnętrzna wirnika wyniosła 9½". Turbosprężarka *Alice* miała mniejsze obroty aniżeli *Anne* oraz mniejszy stosunek sprężania, lecz wyższą sprawność (rys. 6).

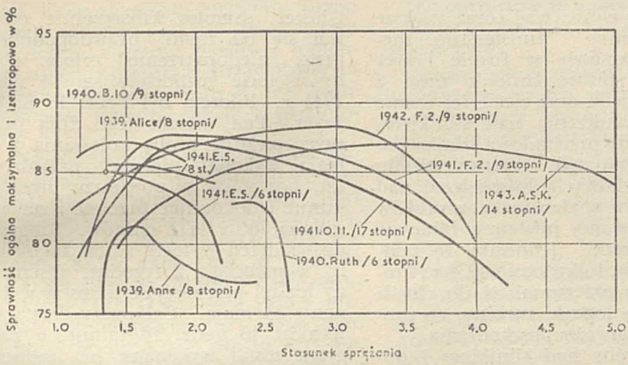
W układzie *B*, o którym wspomniano wyżej, i dla którego zaprojektowano i poddano próbom wysokoprężny wirnik *B10*, wirniki wysoko i niskoprężne, oraz turbina napędzająca śmigło były zmontowane na równoległych osiach i połączone odpowiednimi przewodami. Dokładne badania nad stratami ciśnienia w przewodach doprowadziły do wniosku, że układy, w których powietrze i gaz przepływają bezpośrednio i bez zagięć przez całe urządzenie są lepsze. W październiku 1938 r. przedstawiono firmie Metropolitan Vickers projekt sprzężonego osiowego układu opartego na tych zasadach.

Mniejwięcej w tym samym czasie uzyskano wyniki z doświadczeń nad turbosprężarką *Anne*, oraz informacje ze Szwajcarii, które wykazały, że ze sprężarki osiowej powinno się móc otrzymać stosunek sprężania 5 : 1. W wyniku powstał cały szereg projektów, w których powietrze przepływało bez zacięcia przez jednokadłubową turbosprężarkę, pierścieniową komorę spalania, turbinę napędzającą sprężarkę i turbinę napędzającą śmigło. W 194› r. przystąpiono do budowy układu oznaczonego nazwą *D.11* (rys. 5), który według projektu miał dawać moc 2000 KM. na wale. W tym samym czasie, jednakże Whittle wykazał możliwość zastosowania turbiny gazowej do napędu strumieniowego w związku z czym postanowiono zbadać przydatność sprężarek osiowych w tym układzie, obok, proponowanych przez Whittle'a sprężarek promieniowych. Ponieważ możliwości produkcyjne były ograniczone, prace nad zaprojektowaniem i budową osiowej sprężarki do napędu strumieniowego poważnie opóźniły pracę nad układem *D.11*. Budowa postępowała powoli w ciągu roku 1940. W 1941 r. sprężarkę poddano próbom i wykryto, że miała ona pewne wady w działaniu, spowodowane wpływem ściśliwości. Postęp nad budową tego układu zupełnie ustał ponieważ uznano, że projekt stał się tymczasem przestarzały.

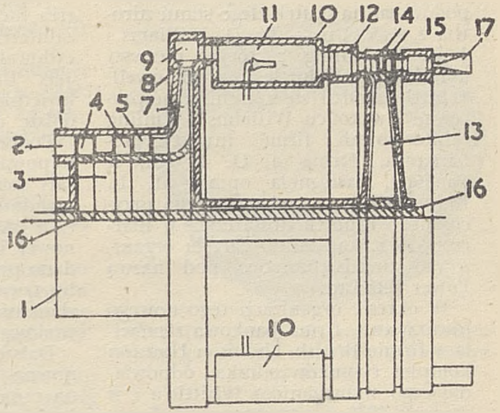
Wyniki liczbowe uzyskane z doświadczeń nad sprężarkami, które opisano dotychczas, zostały rozszerzone przez doświadczenia nad dalszymi dwoma układami. Sprężarki te były znane pod nazwami *Ruth* i *E5*. Pierwsza z nich została zbudowana przez brytyjski oddział General Elec-



Rys. 5.
Turbina gazowa D. 11, zaprojektowana przez R.A.E. i firmę Metropolitan-Vickers.



Rys. 6.
Sprawności kilku turbosprężarek osiowych.



Rys. 7. *Schemat, zaczerpnięty ze zgłoszenia patentowego Whittle'a (styczeń 1930 r.).*

tric Co. (wytwórnia Chalmers Works) na podstawie własnego projektu konstrukcyjnego i aerodynamicznego projektu R.A.E. Sprężarka ta miała dwa razy większy wydatek aniżeli *Alice* i *Anne*, ten sam stosunek sprężania co *Anne*, lecz tylko 6 a nie 8 stopni. Sprężarka *E5* była osiowa i dawała stosunek sprężania 1 : 3,7. Miała ona osiągnąć pełne obroty dopiero na pewnej wysokości, ponieważ naprężenie zginające łopatek było bardzo duże na poziomie morza. Ostatnie dwa szeregi łopatek uległy zniszczeniu w wczesnych stadiach prób i przy $\frac{3}{4}$ pełnych obrotów. Próby nad pozostałymi 6 stopniami można było przeprowadzać jedynie przy małych szybkościach obrotowych, lecz pomimo tych trudności osiągnięto wyniki tego samego rzędu co w wypadku sprężarki *Ruth*.

Wyniki pierwszych badań zebrano na rys. 6.

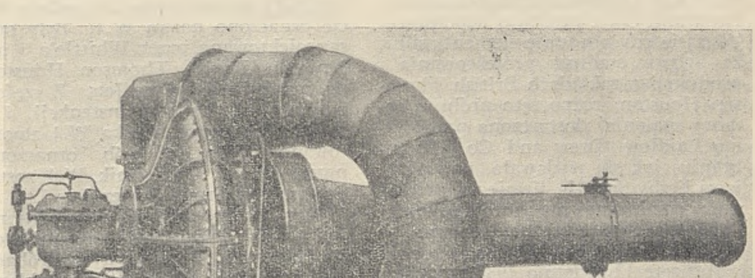
Podczas gdy wyżej opisane prace nad rozwojem turbo-sprężarki osiowej postępowały naprzód, poczyniono również pewne postępy nad zrealizowaniem projektu Griffith'a z 1939 r. W projekcie Griffith'a element wytwarzający gazy spalinowe składał się w zasadzie z kilku współosiowych wirników, które naprzemian obracają się w odwrotnych kierunkach. Na każdym wirniku przewidziany jest łuk łopatek sprężających i łuk łopatek turbinowych. Powietrze wsysane z jednego końca zostaje sprężone przechodząc przez kolejne kanały utworzone przez łopatki sprężające, poczym spala się w nim paliwo w komorze znajdującej się na drugim końcu generatora gazowego. Z komory spalinowej gazy przechodzą przez kolejne kanały, utworzone przez łopatki turbinowe i uchodzą z nich w postaci strumienia odrzutowego lub do turbiny ,dając wymaganą moc.

Doświadczalna turbo-sprężarka o średnicy zewnętrznej wirnika, wynoszącej 11", została zaprojektowana przez R.A.E. w 1938 r. według oryginalnego pomysłu Griffith'a. Wykonała ją firma ,,Armstrong Siddeley" w roku 1939, poczym została ona poddana próbom w 1940 r. Sprawność i wyczyny tej jednostki były mierne lecz fakt, że turbo-sprężarka tego typu nie różniła się bardzo pod względem pracy od innych, współczesnych konstrukcji, może być uważany za wielkie osiągnięcie. Wydaje się godnym pożałowania, że jednostka ta nie została zbudowana 10 lat wcześniej.

Turbo-sprężarki odśrodkowe (promieniowe).

W tym samym czasie gdy Griffith i Constant przeprowadzali próby i czynili powolne postępy nad rozwojem turbo-sprężarek osiowych, mając do dyspozycji skromne środki i walcząc z niezrozumieniem, zaczęła przybierać na sile walka przeciwko zaskorupiałym poglądom. Frank Whittle, podówczas kadet w uczelni technicznej R.A.F.'u w Cranwell, opisał w swojej pracy dyplomowej możliwości rozwoju napędu strumieniowego i turbin gazowych. W półtora roku później wpadł on na pomysł użycia turbiny gazowej do napędu strumieniowego. Nowością jego pomysłu jest połączenie turbiny gazowej i napędu strumieniowego w jednym urządzeniu. Pierwsze jego patenty zostały wydane w 1930 r. a rys. 7, zaczerpnięty z oryginalnego zgłoszenia Whittle'a, doskonale ilustruje myśl przewodnią wynalazku. Whittle przedstawił swój plan Ministerstwu Powietrza (Air Ministry) w okresie gdy w odniesieniu do nowych idei panowała atmosfera bardziej podejrzliwa niż kiedykolwiek przedtym i potym. Nie można twierdzić, że niechęć w stosunku do nowych pomysłów panowała jedynie w Ministerstwie. Cechowała ona również ówczesny przemysł Wielkiej Brytanii Whittle'owi nie udało się zainteresować ani jednej z szeregu firm, którym proponował eksploatację swego patentu. Przypuszczać należy, że panująca wtedy depresja gospodarcza spowodowała ten brak przedsiębiorczości.

W maju 1935 roku do Whittle'a



Rys. 8.
Pierwszy silnik Whittle'a (r. 1937), wykonany przez firmę British Thomson Honston, na zamówienie Power Jets.

zwróciły się dwie osoby, zwolnione podówczas na skutek złego stanu zdrowia z R.A.F. u — R. D. Williams i J. C. B. Tinling, z których pierwszy był kolegą Whittle'a z Cranwell. Whittle zgodził się z nimi współpracować i w końcu Williams i Tinling zainteresowali firmę inwestycyjno-bankową. Firma ta, O. T. Falk & Partners, zasięgnęła opinii M. L. Bramson'a i na podstawie jego przychylnego raportu dostarczyła w marcu 1936 r. kapitału i zaczęła organizować przedsiębiorstwo pod nazwą Power Jets Ltd.

W okresie organizacji tego nowego towarzystwa, firma bankowa zamówiła w firmie British Thomson Houston komplet rysunków silnika, odpowiadającego wymaganiom Whittle'a i w czerwcu 1936 r. utworzona już firma Power Jets Ltd. wydała zamówienie na budowę silnika firmie Thomson Houston, która miała wykończyć cały silnik z wyjątkiem niektórych części komór spalania, przyrządów i pewnych drobniejszych części.

Silnik ten (rys. 8) składał się z prostej turbiny gazowej do napędu strumieniowego i z jednostopniowej turbo-sprężarki odśrodkowej, której stosunek sprężania wynosił 4 : 1. Turbo-sprężarka była napędzana przez jednostopniową turbinę gazową. Silnik miał jedną komorę spalinową, umieszczoną pomiędzy sprężarką i turbiną.

Budowa tego silnika była bardzo odważnym przedsięwzięciem, Poza dużym stosunkiem sprężania natężenie spalania przewidywane w silniku przekraczało dotychczas osiągnięte wartości. Ponadto z powodu skromnych zasobów finansowych zrezygnowano z wstępnych prób i osobnego badania elementów tj. turbo-sprężarki, turbiny i komory spalinowej.

Whittle napotkał na największe trudności przy projektowaniu komory spalania i w sprawie tej zwrócił się do A.B.S. Laidlow'a z firmy Laidlow, Drew and Co. z prośbą o współpracę. W czasie gdy pozostałe elementy silnika były w stadium projektowania i produkcji w zakładach British Thomson Houston, rozpoczęto próby z komorą spalania, dostarczoną przez firmę Laidlow, Drew and Co. Po zebraniu, jak się wydawało, wystarczającej liczby danych, firmie tej przekazano zamówienie na zaprojektowanie i skonstruowanie komory spalania.

Próby nad całym silnikiem zostały rozpoczęte 12 kwietnia 1937 r. i trwały, z przerwami, do 23 maja tegoż roku. Wykazały one, że sprawność turbo-sprężarki była niższa, niż się tego spodziewano, i że zagadnienie spalania zostało tylko częściowo rozwiązane. W wyniku tego firmie British Thomson Houston powierzono przeróbkę urządzenia. W międzyczasie, jak już zaznaczono, Komitet Badań Lotniczych (Aeronautical Research Committee) przedyskutował ponownie sprawę turbo-sprężarek gazowych i wskutek tego Ministerstwo Powietrza zaczęło wykazywać coraz większe zainteresowanie. Ministerstwo zdecydowało zamówić w firmie Power Jets Ltd. sprawozdanie z prób z kwietnia i maja oraz zlecić tej firmie dalsze doświadczenia nad silnikiem.

Podczas gdy przebudowa silnika postępowała naprzód, przeprowadzono cały szereg dalszych doświadczeń nad zagadnieniem spalania i z wniosków tych skorzystano już przy budowie nowej jednostki. Jednostkę tę poddano próbom 16 kwietnia 1938 r. Próby trwały z przerwami aż do chwili złamania się łopatki turbiny, co spowodowało poważne uszkodzenia.

Dalsze próby nad silnikiem i ponowna przebudowa, tym razem już na zamówienie rządowe, doprowadziły do trzeciej wersji silnika. Ten trzeci silnik, poddany próbom pod koniec października 1938 r., okazał się bardziej niezawodny niż poprzednie i był w ruchu aż do lutego 1941 r., kiedy to, po wielu godzinach pracy uległ zniszczeniu wskutek defektu w turbinie.

Długo przed tym, w 1938 r., Ministerstwo Powietrza doszło do wniosku, że na podstawie wyników zebranych w tym czasie przez Whittle'a, miało do dyspozycji, w ogólnych zarysach, nowy i dający się zrealizować silnik lotniczy i wydało firmie Power Jets Ltd. zamówienie na dostawę silnika do prób w locie. Jednocześnie wydano zamówienie firmie Gloster Aircraft Co. Ltd. na zaprojektowanie i zbudowanie doświadczalnego płatowca. Samolot ten, jak inne prototypy, lokomotywy *Puffing Bolly* i *Rakieta*, silniki *Britannia* i *Turbina*, napewno przejdzie do historii i będzie znany, jako E. 28/39 tj. pod numerem wydanej podówczas specyfikacji. Jest to niemały zaszczyt, gdyż np., o ile autorowi wiadomo, słynny samolot Wright'ów nie miał nawet numeru.

Silniki, przeznaczone do prób w locie oznaczono nazwą W.1. Były one zaprojektowane przez Whittle'a i inżynierów British Thomson Houston na zamówienie Power Jets. Z części, odrzuconych podczas instepkcji, i z części zapasowych silnika W.1 zmontowano silnik do prób, oznaczony nazwą W.1x. Gdy silnik W.1 został dostarczony firmie Power Jets Ltd. w 1940 r., w konstrukcji uwzględniono już wyniki doświadczeń, osiągniętych na hamowni. Po wstępnych próbach na hamowni silnik W.1 poddano 25-godzinnej próbie, ażeby przygotować go do lotu. Zaświadczenie przydatności zezwoliło na mniej więcej 10 godzin lotu.

Pierwszy lot.

W międzyczasie wykończono budowę płatowca doświadczalnego E. 28/39 i w kwietniu 1941 r. płatowiec ten przekołowano z zmontowanym na nim silnikiem W.1. W czasie tych wstępnych prób, które były przeprowadzone w Hucclecot na lotnisku firmy Gloster, samolot kilkakrotnie odrywał się od ziemi, prawdopodobnie przez „niedopatrzenie" pilota. Próby w locie rozpoczęły się 14 maja 1941 r. Pilotem był F/Lt. P. E. G. Sayer. Pod wieczór tego dnia pilot przeprowadził próby kołowania i 15 maja wykonał pierwszy prawdziwy lot, pozostając w powietrzu przez 17 minut i dokonując przelotów na wysokości 760 i 1112 metrów. Program doświadczeń w locie został zakończony w przeciągu 2 tygodni. Ostateczny lot tej pierwszej serii został wykonany 28 maja. Całkowity czas lotu wyniósł 10 godz. 28 minut, a program został wykonany bez żadnego wypadku. Samolot, który podczas większości lotów miał obciążenie całkowite, wynoszące 1671 kg i 368,5 l paliwa, miał wyczyny doskonałe. Silnik, włączając w to 25 godzin prób na hamowni, oraz kołowanie, w sumie przepracował 39 godzin 57 minut i po zdemontowaniu okazał się w doskonałym stanie. Historyczny ten silnik miał siłę pociągową wynoszącą 390 kg przy 17750 obrotach na minutę (szybkość maksymalna), zaś ciężar jego wynosił 280 kg.

II. TURBINY GAZOWE

Turbiny firmy Power Jets.

Po ukończeniu prac nad samolotem E. 28/29, w r. 1940, Carter i jego współpracownicy z firmy Gloster Aircraft Company rozpoczęli projektowanie następnego modelu. Podczas gdy samolot E. 28/29 był modelem doświadczalnym, nowy płatowiec, nazwany F. 9/40 miał być samolotem myśliwskim, przeznaczonym do użycia w linii. W myśl pierwotnego planu płatowiec ten miał być napędzany silnikiem W.2, którego projekt i produkcję miała rozpocząć w 1940 r. firma Power Jets. Wykonanie projektu przekazano później firmie Rover, która wykonała też silnik, z pewnymi jednak zmianami, uzgodnionymi z Ministerstwem Produkcji Lotniczej. Założona w projekcie sprawność turbosprężarki i turbiny gazowej nie została osiągnięta w rzeczywistości, tak że silnik nie spełnił pokładanych w nim nadziei. ponadto instalacja ulegała łatwo przeciążaniu.

Firma Power Jets, z kolei, wprowadziła szereg zmian konstrukcyjnych, w szczególności zmieniono całkowicie konstrukcję korpusu i dyfuzora sprężarki, i zamówiła nowy model w firmie Thomson-Houston. Tak zmodyfikowany silnik W.2, znany pod nazwą W.2 Mk IV dał zadowalające wyniki i bardzo mało różnił się od ostatniego, podówczas modelu, to jest silnika W.2B.

Silnik W.2B. można zaliczyć do klasycznych osiągnięć sztuki konstrukcyjnej. Stanowił on podstawę, z której wywodzi się silnik samolotu F. 9/40, oraz słynnego później *Meteor'a*. Dalszy rozwój silnik ten zawdzięcza pracy badawczej firmy Power

Jets, która stosowała pierwotny układ komór spalania i starała się, przy tym założeniu, wydobyć możliwie najlepsze osiągi, oraz pracy firmy Rover, a później również i Rolls Royce, które stosowały komory spalania przelotowe.

Najważniejszym osiągnięciem grupy *Power Jets* było stopniowe powiększanie wydatku czynnika przez zwiększenie długości łopatek turbiny. W silniku W.2B. długość łopatek wynosiła 62,36 mm, zaś w modelu W2/500, którego prototyp został puszczony w ruch 13 września 1942 r. długość ich wynosiła już 69,34 mm. Charakterystyka tego silnika przy maksymalnych obrotach była następująca:

Obroty 16750 obr./min.
Siła pociągowa 795 kg.
Temperatura strumienia 606°C.
Zużycie paliwa 1,13 kg/kg siły pociągowej i godz.

Następnym krokiem było zwiększenie długości łopatki na krawędzi spływu z 69,34 mm do 76,96 mm zachowując tę samą długość w krawędzi wlotowej. Wskutek tego wydatek powietrza wzrósł 15,7 kg/sek. do 18,25 kg/sek. a więc o 15%. Wyczyny silnika uległy poprawie a następne zwiększenie długości łopatek na krawędzi wlotowej do 76,96 mm nie dało już dalszej poprawy. W tym stadium charakterystyka silnika przedstawiała się jak następuje:

Obroty 16750 obr./min.
Siła pociągowa 840 kg.
Zużycie paliwa 1,12 kg/kg siły pociągowej i godz.

W następnym stadium zmieniono, z wielkim powodzeniem, konstrukcję dyfuzora i osiągnięto następujące dane:

	Stary dyfuzor	Nowy dyfuzor
Obroty/min. . . .	16750	16750
Siła pociągowa kg .	840	925
Temperatura strumienia °C . . .	620	597
Zużycie paliwa kg/kg siły pociągowej i godz. . .	1,12	1,07
Ciśnienie na tłoczeniu kg/m² . . .	3,05	3,15

Silniki te, zarówno ze starym jak i z nowym dyfuzorem były znane jako W.2/700. W praktyce okazało się, że zawodził w nich wirnik turbosprężarki i z tego powodu zastosowano wirniki, które w międzyczasie rozwinęła firma *General Electric Company* w St. Zjednoczonych. Bezpośrednim wynikiem tej zmiany było zmniejszenie się siły ciągu o 68 kg, lecz w miarę dalszych prac badawczych usunięto tę wadę i nawet poprawiono wyniki, usuwając przytym zupełnie trudności z wirnikiem. Typowe dane wynosiły wtedy:

Obroty 16750 obr./min.
Siła pociągowa 965 kg.
Temperatura strumienia 646°C.
Zużycie paliwa 1,077 kg/kg siły poc. i godz.

Ostatni silnik tej serii miał długość łopatki na wlocie, wynoszącą 92,20 mm, wydatek wynosił 21,3 kg/sek., zaś charakterystyka była następująca:

Obroty 16750 obr./min.
Siła pociągowa 1120 kg.
Temperatura strumienia 647°C.
Zużycie paliwa 1,05 kg/kg siły poc. i godz

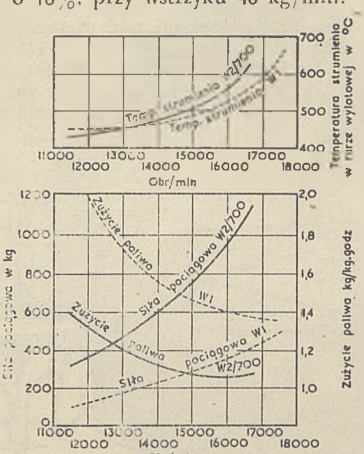
Ten ostatni silnik zajmuje taką samą przestrzeń, jak silnik W1, jego siła pociągowa (rys. 9) jest prawie trzykrotnie większa, zaś ciężar jest większy zaledwie o 50%.

Przy pomocy silników *Power Jets* przeprowadzono również cały szereg doświadczeń nad chwilowym zwiększeniem siły pociągowej przez wstrzyk amoniaku. Poniższa tabelka zestawia typowe wyniki:

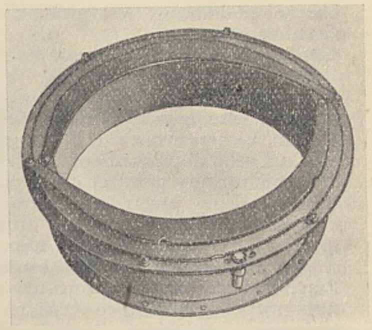
Typ silnika	Ciężar NH_3 x 100 / ciężar powietrza	Względna wilgotność powietrza w obiegu	Spadek temperatury strumienia	Wzrost siły pociagowej
	%	%	°C	%
W I Mk III	6,15	85	115	28
W 2 B	4,4	81	72	22,4

Najbardziej nieprzyjemną cechą wstrzyku amoniaku jest bardzo wielki wpływ wilgotności atmosfery na przyrost siły pociągowej. Gdyby powietrze było suche, powyższe przyrosty siły pociągowej byłyby osiągnięte przy pomocy wstrzyku amoniaku, wynoszącego odpowiednio 2,8 i 2,3%.

Doświadczenia z wstrzykiem chlorku metylu nie było zachęcające, lecz doświadczenia z wstrzykiem wody dowiodły, że sposobem tym można osiągnąć znaczne niezawodne zwiększenie siły pociągowej w warunkach normalnej pracy. Na silniku W.2/700 uzyskano zwiększenie siły pociągowej o 18%, przy wstrzyku 46 kg/min.



Rys. 9.
Charakterystyka statyczna silników W.1 i W.2/850 projektu firmy „Power Jets" (na poziomie morza).



Rys. 10. *Dysza wylotowa o zmiennym przekroju wylotowym konstrukcji R.A.E.*

Innym sposobem przejściowego zwiększenia siły pociągowej, który był również wypróbowany na silnikach *Rolls Royce* typu Whittle'a jest tzw. „dogrzewanie". Strumień gazów, uchodzących z turbiny zawiera duże ilości wolnego tlenu, tak że można go „dogrzać" przez wtrysk dodatkowego paliwa za turbiną. Rzecz jasna, z punktu widzenia termodynamiki, postępowanie takie jest nieekonomiczne, lecz stanowi, mimo to, bardzo dogodny sposób gwałtownego zwiększenia siły pociągowej przez krótki przeciąg czasu, co jest wymagane np. przy starcie lub w walce powietrznej. Poniższa tabelka ujmuje typowe wyniki, osiągnięte na stacji próbnej na silniku W2B/23.

Mierzony wzrost zużycia paliwa	Mierzone zwiększenie statycznej siły pociągowej na poziomie morza	Ocenione zwiększenie siły pociągowej przy 800 km/godz na poziomie morza
%	%	%
30	5	9
70	10,8	17
100	16	27,5

Powyższe metody chwilowego zwiększenia siły pociągowej wymagają, w celu dobrego ich wyzyskania, zmiennego przekroju dyszy wylotowej. W związku z tym poddano próbom cały szereg konstrukcji umożliwiających regulację przekroju wylotowego. Najlepsza dotychczas okazała się konstrukcja R.A.E., przedstawiona na rys. 10.

Firma *Power Jets* przeprowadzała również doświadczenia z silnikami wirnikowymi w przewodach profilowych (*Ducted Fan*).

Silniki firmy Thomson-Houston.

Wkład, jaki firma Thomson-Houston wniosła do rozwoju turbin gazowych został opisany w ustępie, omawiającym współpracę jej z firmą *Power Jets*, we wczesnym okresie rozwojowym. Pierwsze turbiny gazowe lotnicze zostały zbudowane w zakładach tej firmy w Rugby. Wydaje się jednak, że w przyszłości firma ta pójdzie raczej w kierunku rozwoju turbin gazowych stałych. Firma ta cały czas pracowała i pracuje na tym polu i zbudowała własną wersję silnika W2B Whittle'a. który i w chwili

obecnej poddawany jest próbom doświadczalnym.

Silniki firmy Metropolitan-Vickers.

Wspomniano już wyżej, że prace nad turbo-sprężarkami osiowymi, przeprowadzone przez firmę Metropolitan Vickers wraz z R.A.E. i mające na celu doprowadzenie do zbudowania turbiny gazowej do napędu śmigła, uległy przerwaniu spowodu nawału pracy, związanych z turbosprężarkami osiowymi do napędu strumieniowego w układzi Whittle'a. Prace nad tym drugim projektem zostały rozpoczęte w lipcu 1940 r. na podstawie wstępnych badań Constant'a w R.A.E., zaś wynikiem ich było zbudowanie układu F.2, który składał się z 9-ciostopniowej turbosprężarki osiowej, pojedyńczej pierścieniowej komory spalania i dwustopniowej turbiny gazowej na jednym wale.

Po wstępnych próbach na hamowni, dwa takie silniki zainstalowano na specjalnie przystosowanym płatowcu F.9/40 firmy Gloster. Pierwszego lotu z turbosprężarką osiową w układzie z turbiną gazową do napędu strumieniowego dokonano w Farnborough, dnia 13 listopada 1943 r.

Inny silnik tego typu poddano próbom na latającej hamowni. Silnik znajdował się w ruchu 210 godzin, z których 90 przypadło na próby w locie. Po rozebraniu silnik okazał się w bardzo dobrym stanie.

Firma nie przerwała prac nad rozwojem silnika F.2. W ostatniej wersji składa się on z 10-stopniowej turbosprężarki i jednostopniowej turbiny, ma dwukrotnie większą siłę pociągową i tylko nieznacznie zwiększony ciężar i wymiary.

Firma ta też zbudowała pierwszy silnik wirnikowy w przewodzie profilowym i ostatnio osiągnęła bardzo zachęcające wyniki z silnikiem F.3, który jest połączeniem silnika F.2 z tą zasadą.

Silniki firmy Rover.

Wczesną wiosną 1940 r. Ministerstwo Powietrza wciągnęło firmę *Rover* do współpracy z *Power Jets*. Firma *Rover* miała budować większe ilości silników W.2. Pierwszy rok firma *Rover* poświęciła na opracowanie rysunków warsztatowych silników W.2 w bardzo trudnych warunkach, spowodowanych przez działalność nieprzyjaciela. W trakcie tej pracy, rzecz jasna, wprowadzono pewne, zresztą drugorzędne, zmiany.

Pierwszy model silnika W.2, jak wspomniano, nie ziścił pokładanych w nim nadziei. Następny model, W2MkIV, aczkolwiek lepszy, również ulegał przeciążaniu łopatek przed osiągnięciem pełnych obrotów.

Równolegle przeprowadzono prace nad przygotowaniem produkcji silników W.2B. dla płatowców F.9/40 i *Meteor* lecz na jesieni 1941 r. Ministerstwo Produkcji Lotniczej doszło do wniosku, że nie uda się uniknąć zastoju w produkcji bez poważnego zwiększenia wysiłku badawczego. Wciągnięto wtedy do współpracy inne firmy, celem dodania bodźca w postaci konkurencji i postawiono sobie za cel zwiększenie sprawności i niezawodności oraz mocy, do, wymaganych dla *Meteora*, 725 kg statycznej siły pociągowej na poziomie morza.

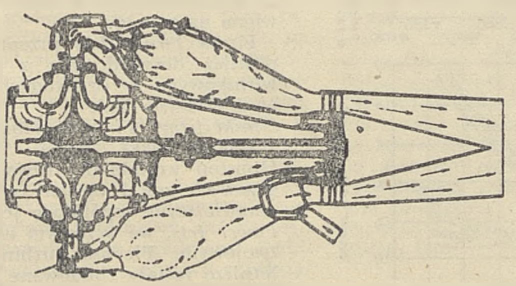
Latem 1942 r. zainstalowano silniki tej firmy na płatowcach F.9/40, zaś próby kołowania rozpoczęto 10 lipca tegoż roku. Niestety, na będących do dyspozycji pasach startowych, samolot nie mógł wznieść się w powietrze. Ulepszanie przeciągnęło się do czerwca 1943 r. lecz tymczasem w październiku 1942 r. rozpoczęto próby w locie z samolotem *Bell* XP-59A, zaopatrzonym w dwa silniki *G.E.C.* Typ I, które odpowiadały silnikom W.2B. firmy *Rover*.

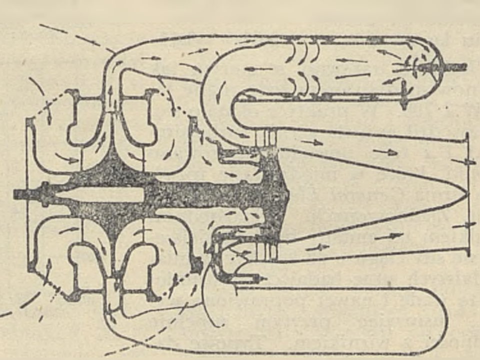
Firmie *Rover* udało się ulepszyć wyczyny silnika przez przyjęcie konstrukcji kadłuba turbosprężarki i dyfuzora, typu B.23. Firma *Rover* zasłużyła się pracami nad ulepszeniem silnika W.2B.23. Silniki *Welland*, które napędzały płatowce *Meteor*, były wynikiem tych prac, lecz, jak o tym mowa będzie później, ostatnie stadium spoczywało w rękach firmy *Rolls-Royce*.

Na początku 1940 r. firma *Power Jets* powzięła myśl zbudowania wersji silnika Whittle'a z jednokierunkową komorą spalania, zamiast pierwotnej komory o przepływie zwrotnym, jednakże myśli tej nie wprowadzono w życie ze względu na wymagany dłuższy wał pomiędzy sprężarką i turbiną oraz konieczność zastosowania trzeciego, pośredniego, łożyska. Firma *Rover*, która wtedy borykała się z trudnościami produkcyjnymi zdecydowała się pomysł ten wcielić w życie, ponieważ pociągał on za sobą uproszczenie w produkcji blaszanych części komory spalania. Prototyp tej firmy, oznaczony symbolem W.2B.26 został uruchomiony w marcu 1942 r. i, chociaż nie przeszedł on do produkcji, to jednak posłużył za wzór przy projektowaniu silnika *Derwent I*, który firma *Rolls-Royce* zleciła firmie *Rover*, zanim przygotowała się do przejęcia prac w kwietniu 1943 r.

Zmiany te były związane z pewną ogólniejszą reorganizacją, w wyniku której firma *Rover* przejęła od firmy *Rolls-Royce* prace nad silnikami do czołgów, zaś firma *Rolls-Royce* rozpoczęła produkcję lotniczych turbin gazowych. Firma *Rover* pracowała nad turbinami gazowymi w najtrudniejszym okresie rozwojowym i na dobro jej należy zapisać odwagę w podjęciu, mimo sprzecznych poglądów, budowy nowej komory spalania, różnej od klasycznej konstrukcji Whittle'a. Dziś nie ulega wątpliwości, że układ jednokierunkowy, po raz pierwszy zmontowany na silniku *Halford* H.1 przewyższa układ zwrotny. Rys. 11 przedstawia porównanie tych dwu typów, zaś poniższa tabela zestawia ich zalety i wady.

Gdyby zalety i wady wyszczególnione w tabeli, miały jednakową wagę, to obydwie komory byłyby równorzędne, lecz wzgląd 5 stanowi zasadniczą zaletę w silnikach większych. Pozatym, w miarę rozwoju, inne wady komór przelotowych straciły na znaczeniu.





Rys. 11.
Porównanie komory o przepływie zwrotnym z komorą przelotową w zastosowaniu do silników z wirnikami dwustronnymi.

PORÓWNANIE DWU TYPÓW KOMÓR SPALANIA

Komora o przepływie zwrotnym			Komora o przepływie jednokierunkowym (przelotowa)
1.	+	—	Wymagane: dłuższy wałek, trzecie łożysko i sprzęgło elastyczne.
2. Samoczynna kompensacja różnic rozszerzalności bez potrzeby stosowania specjalnych złączy.	+	—	Wymaga zastosowania specjalnych złączy w celu kompensacji różnic rozszerzalności.
3. Stator i wirniki turbiny są chronione od bezpośredniego promieniowania płomienia.	+	—	Stator i wirniki turbiny opromieniowywane bezpośrednio przez płomień, wskutek czego temperatura części metalowych jest prawdopodobnie wyższa.
4. Strumień gazu jest dwukrotnie skręcany o 180°.	—	+	Nie ma zmian kierunku przepływu gazu. Mniejsze straty ciśnienia.
5.	—	+	Większy przekrój płomienia przy tej samej średnicy zewnętrznej.
6.	—	+	Prostsza w produkcji.
7. Łatwiejsze doglądanie i wymiana palników. Łatwiejszy montaż i demontaż.	+	—	
8.	—	+	Przypuszczalnie lepsze wymieszanie powietrza i gazów.

Silniki firmy Halford-de-Havilland.

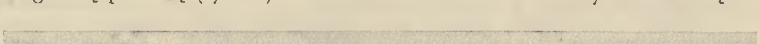
Znany konstruktor B. Halford, który zaprojektował szereg wyróżniających się silników tłokowych, został zaproszony w styczniu 1941 r. do współpracy na polu turbin gazowych przez Sir Henry Tizard'a, który podówczas był współpracownikiem Ministerstwa Produkcji Lotniczej. W pierwszej fazie organizacja, która nosiła nazwisko Halforda, współpracowała bardzo ściśle z firmą *de Hevilland,* zaś w marcu 1944 r. nastąpiło całkowite zlanie się tych instytucji i Halford został dyrektorem naczelnym i technicznym firmy *The de Havilland Engine Co. Ltd.*

Halford miał duże doświadczenie z turbosprężarkami odśrodkowymi oraz doskonałą znajomość wyników prac Whittle'a. Zdecydował on zastosować wirniki jednostronne w odróżnieniu od dwustronnych wirników turbosprężarki Whittle'a oraz komorę spalania przelotową, zamiast stosowanej przez Whittle'a komory o przepływie zwrotnym. Z powodu zastosowania wirnika jednostronnego (rys. 12), trzecie łożysko wału okazało się zbędne i otrzymany, w myśl tej koncepcji, silnik H.1, który później otrzymał nazwę *Goblin,* wyróżniał się elegancką prostotą (rys. 13).

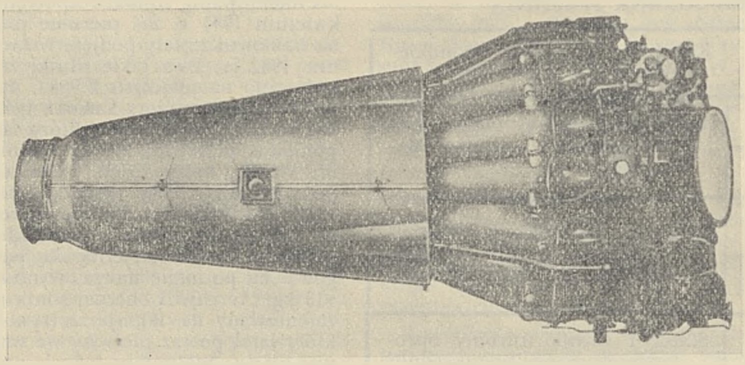
Projektowanie zostało rozpoczęte w kwietniu 1941 r. zaś pierwsze próby na hamowni zostały podjęte w kwietniu 1942 r. Dwa takie silniki zainstalowano na płatowcu F.9/40, który wykonał pierwsze loty 5 marca 1943 r. Był to pierwszy samolot, który latał, ponieważ płatowiec F.9/40 z silnikami W.2B., który został wykończony poprzedniego lipca wykazał szereg wad i rozpoczął loty dopiero w czerwcu 1943 r. W tym pierwszym stadium silnik H.1 miał statyczną siłę pociągową ,na poziomie morza, wynoszącą 910 kg. W chwili obecnej silnik ten, zmontowany na *Wampirze* (rys. 14), który latał po raz pierwszy we wrześniu 1943 r., ma nominalną siłę pociągową, wynoszącą 1360 kg, lecz na hamowni osiągano na nim przez czas dłuższy 1500-1550 kg.

Silnik H.1 był prototypem samolotu *Lockheed HP-80,* który rozpoczął loty w styczniu 1944 r. Oprócz tego silnik ten był użyty w St. Zjednoczonych do napędu zmodyfikowanego płatowca X5-15C firmy *Grumman.*

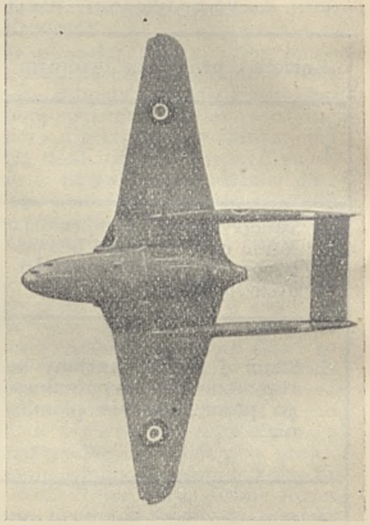
Rzecz jasna, względne zalety i wady jedno- i dwustronnych wirników turbosprężarek odśrodkowych są wciąż przedmiotem sporów. Wirnik dwustronny ma, z natury rzeczy, mniejszą średnicę dla tego samego wydatku, aniżeli wirnik jednostronny i wskutek tego powierzchnia czołowa silnika wypada mniejsza, dla danej siły pociągowej. Z drugiej strony wysuwa się cały szereg argumentów, przemawiających za stosowaniem wirników jednostronnych. Wydaje się, że średnica silnika zależy nie od średnicy wirnika, a od wymiarów komór spalania; większy wirnik ma mniejsze obroty i naprężenia; w silnikach z wirnikami dwustronnymi istnieje konieczność budowy osłon o większej



Rys. 12. *Wirnik silnika H. 1.*



Rys. 13. *Silnik H. 1 projektu Halforda.*



Rys. 14.
Płatowiec „Wampir" firmy de Havilland z silnikami Goblin projektu Halforda.

średnicy niż średnica silnika, ażeby powietrze mogło dotrzeć do tylnych otworów wlotowych. Obydwa typy silników różnią się sposobem doprowadzania powietrza do sprężarek: w silnikach o wirniku jednostronnym powietrze można łatwo doprowadzić bezpośrednio do wirnika, natomiast w silnikach z wirnikami dwustronnymi wymagana jest komora wstępna.

Z powyższej dyskusji jasno wynika fakt, że zaleta mniejszej średnicy wirnika jest mniej lub bardziej zrównoważona przez inne względy i decyzja musi być powzięta przez konstruktora zgodnie z jego wymaganiami i smakiem, zaś porównanie tych dwu typów, bez uwzględnienia w dyskusji konstrukcji płatowca, nie jest, w gruncie rzeczy, pożyteczne.

(Dokończenie nastąpi.)

MOŻLIWOŚCI STUDIÓW ZAGADNIEŃ MOTORYZACYJNYCH W WIELKIEJ BRYTANII

inż. K. Dębski, W.I.T.

Każdego technika polskiego, przebywającego na obczyźnie, musiało zainteresować, co w dziale jego specjalności jest produkowane w kraju, w którym przebywa, jaka jest wartość tych produktów w odniesieniu do potrzeb polskich, oraz jakie są metody ich produkcji w porównaniu do metod stosowanych w przemyśle polskim.

Technicy, którzy bliżej zetknęli się z brytyjskimi instytucjami naukowymi lub wytwórniami wielokrotnie mieli możność pogłębienia swych wiadomości studiami technologicznymi i przemysłowymi.

Z pośród wielu dziedzin techniki, których studia były możliwe na terenie W. Brytanii, należałoby na łamach „Przeglądu Motoryzacyjnego" bliżej omówić studia zagadnień motoryzacyjnych.

Motoryzacja w W. Brytanii stanowi duży dział w gospodarstwie narodowym; oparta od początku o własny przemysł samochodowy była w ostatnich dziesiątkach lat dźwignią postępu gospodarczego, usprawniła i potaniła, a przede wszystkim rozpowszechniła transport towarów i osób w całym kraju. Zastosowanie samochodów, ciągników, maszyn do robót ziemnych i dźwigów w dużym stopniu wpłynęło na wzrost produkcji przemysłowej i rolnej. O wielkim znaczeniu motoryzacji w życiu gospodarczym W. Brytanii świadczy szybki wzrost ilości samochodów; ze 175.000 w r. 1912 do ok. 2.650.000 w r. 1938, przy czym w roku tym zatrudniano w przemyśle samochodowym i zawodach pokrewnych, jak transport samochodowy, obsługa i naprawa samochodów, produkcja paliw, budowa i utrzymanie dróg, ponad 1.385.000 ludzi.

W czasie wojny ilość osób pracujących w poszczególnych zawodach związanych z motoryzacją uległa zmianie. Fabryki samochodów przestawiły produkcję na wojskowe typy sprzętu motorowego, brak paliw wpłynął na zatrzymanie ruchu samochodów prywatnych, transport osobowy i towarowy częściowo przeszedł pod kontrolę państwową. a równocześnie w szybkim tempie przeorganizowano armię w wyniku czego, po wyeliminowaniu trakcji konnej, wielkie ilości sprzętu motorowego znalazły się w eksploatacji wojska.

Studia motoryzacyjne, jakie były prowadzone przez techników polskich rozpoczęto z chwilą motoryzowania oddziałów wojskowych. Niemal wszyscy technicy zetknęli się z tym problemem od strony szkolenia kierowców i mechaników, obsługi, naprawy lub zaopatrywania sprzętu motorowego. Studia te jednak z natury rzeczy nie mogły wykraczać poza ramy dowodzenia służbami technicznymi i kierowania ich pracą.

Pełnienie przez techników funkcji technicznych w oddziałach zmotoryzowanych w zakresie eksploatacji sprzętu nie było wystarczające, aby ich wiedzę i doświadczenie fachowe utrzymać z biegiem lat na poziomie, wydawało się zatem słusznym, aby korzystając z pobytu w kraju tak uprzemysłowionym i zmotoryzowanym jak W. Brytania, dążyć do przeszkolenia możliwie największej ilości techników w różnych zawodach, a w szczególności w specjalnościach związanych z motoryzacją.

Ten dział odczuwał jeszcze przed wojną brak specjalistów, wojna zaś rozproszyła ludzi i spowodowała straty.

Należy nadmienić, że temat studiów motoryzacyjnych był zawsze dla wielu naszych techników pociągający, ze względu na przewidywany rozwój motoryzacji i w związku z tym spodziewane duże zapotrzebowanie techników do prac w tej dziedzinie.

W celu zorganizowania studiów zagadnień przemysłowo-gospodarczych, szczególnie interesujących wojsko, powołano w końcu 1940 r. Wojskowy Instytut Techniczny na terenie W. Brytanii, który przez cały czas wojny stanowił oparcie dla wielu techników w ich dążeniu do dalszego

kształcenia, bądź odświeżenia wiedzy technicznej i doświadczenia poprzez studia, praktyki lub staże w brytyjskich instytucjach lub zakładach przemysłowych.

Podobną akcję na polu pracy społecznej, dopełniającą akcję Wojskowego Instytutu Technicznego, prowadziło Stowarzyszenie Techników Polskich w W. Brytanii.

Obydwie instytucje współpracowały ze sobą harmonijnie, pomagając sobie wzajemnie. Program prac Wojskowego Instytutu Technicznego, ograniczony był do prac przemysłowych i technologicznych, podczas gdy Stowarzyszenie Techników, korzystając ze swobody pracy i dyskusji społecznych, mogło w wyniku swoich prac wysuwać postulaty o szerszym znaczeniu gospodarczym i przemysłowym.

W odniesieniu do studiów motoryzacyjnych odpowiednikami obydwu instytucji były: Wydział Broni Pancernej i Motoryzacji Wojskowego Instytutu Technicznego i Sekcja Motoryzacyjna Stowarzyszenia Techników Polskich w W. Brytanii, założona w r. 1942.

Paroletnie studia zagadnień motoryzacyjnych objęły następujące dziedziny: konstrukcję sprzętu motorowego i badania, produkcję tego sprzętu od półfabrykatu do gotowego pojazdu, transport osobowy i towarowy, obsługę, naprawy i zaopatrywanie w części zamienne, produkcję paliw, zagadnienia prawne związane z motoryzacją, szkolenie nowych kadr techników-mechaników, tłumaczenie i wydawnictwo książek, broszur i czasopisma technicznego.

W studiach wyżej wymienionych dziedzin brało udział ponad 200 inżynierów i techników w około 160 brytyjskich uczelniach, instytucjach i zakładach przemysłowych. Czas, poświęcony na studia w brytyjskich ośrodkach dla poszczególnych osób był różny, od paru miesięcy do paru lat, średnio jednak dla jednej osoby wynosił ponad 13 miesięcy.

Poza studiami w brytyjskich ośrodkach, prowadzone były studia i prace własne, zmierzające do bardziej syntetycznego ujęcia zagadnień i pogłębienia doświadczenia.

Dla scharakteryzowania prac warto wymienić przynajmniej niektóre tematy.

W dziedzinie konstrukcji sprzętu motorowego poświęcono uwagę studiom typów sprzętu motorowego produkcji brytyjskiej i amerykańskiej z punktu widzenia samej konstrukcji, przeznaczenia typów i przydatności dla warunków polskich.

Z innych prac teoretyczno-konstrukcyjnych można wymienić zestawienie materiałów w stosowanych w przemyśle samochodowym oraz opracowania konstrukcyjne motocykla 150 cm³, gazogeneratora i małolitrażowych silników przemysłowych.

Dziedzina badawcza w dobie obecnej zasługuje na szczególne podkreślenie; jej zakres jest bardzo szeroki, od badań naukowych w laboratoriach państwowych i uniwersyteckich, poprzez branżowe instytuty badawcze, do prac badawczych poszczególnych wytwórni, zainteresowanych daną gałęzią wytwórczości. Technicy nasi, w miarę możności, współpracowali w przeprowadzanych badaniach, a w niektórych wypadkach wnieśli poważny wkład do badań prowadzonych w instytucjach brytyjskich.

Z prac naukowych i badawczych w dziedzinie mechaniki i metalurgii można wymienić: badania pojazdów mechanicznych, silników tłokowych i turbin gazowych, gazogeneratorów samochodowych, badania w dziedzinie walcownictwa stali, elektrolitycznego powlekania i spektrografii.

Stosunkowo najwięcej praktyk zorganizowano w przemyśle samochodowym i współpracującym. Praktyki w fabrykach samochodów dały możność porównania metod obróbki mechanicznej, części silników i podwozia, produkowanych na skalę masową z metodami przy produkcji seryjnej. W dziale przemysłu współpracującego liczna grupa techników miała okazję poznania produkcji zespołów: nadwozia, instalacji elektrycznej, gaźników, tłoków i pierścieni tłokowych, hamulców, resorów, opon i dętek oraz półfabrykatów, jak: odkucia i odlewy samochodowe z żeliwa i ze stopów lekkich, ramy i części prasowane z blachy cienkiej.

W opracowaniach własnych przeanalizowano potrzeby związane z uruchamianiem produkcji samochodów, przykładowo dla serii 10.000 samochodów rocznie, w wyniku czego powstały projekty wyposażenia fabryki samochodów, oraz kuźni odkuwek foremnikowych, odlewni żeliwa, resorowni, opon i dętek, instalacji elektrycznych, jako wytwórni współpracujących z macierzystą fabryką samochodów.

W dziedzinie transportu towarowego i osobowego zapoznano się z organizacją, administracją i taryfami, w wyniku czego można było przystąpić do opracowania przykładowego projektu.

W dziedzinie obsługi i napraw sprzętu motorowego zaznajomiono się z typowymi garażami i warsztatami naprawczymi, od małych przedsiębiorstw do zakładów naprawy autobusów londyńskich, zatrudniającej parę tysięcy robotników. Zwrócono szczególną uwagę na szeroko stosowane w czasie wojny, metody regeneracji zużytych części samochodowych przez elektrolityczne lub natryskowe nadbudowywanie i przez spawanie. Przeanalizowano założenia dla produkcji części zamiennych, oraz wyposażenie stacij obsług, warsztatów naprawczych i warsztatów produkujących części zamienne.

Studia w dziedzinie produkcji paliw prowadzone były przez stosunkowo nieliczną grupę techników, wymienić należy jednak następujące praktyki i prace: rafinacja olejów, otrzymywanie paliw i olejów z łupków bitumicznych, metody ciągłej destylacji smoły pogazowej, otrzymywanie koksu z torfu dla zastosowania w gazogeneratorach samochodowych, prace laboratoryjne nad katalizatorami do syntezy węglowodorów metodą Fischer'a i Trapsch'a. Szczegółowo przestudiowano w koksowniach i gazowniach otrzymywanie koksu, gazu, benzolu i smoły pogazowej.

Wykorzystano również okazje przestudiowania zagadnień prawnych, związanych z motoryzacją. W szczególności w dziedzinie prawa handlowego i administracyjnego.

Poza wyżej wymienionymi zagadnieniami ściśle związanymi z przemysłem samochodowym i motoryzacją, studiowano zagadnienia pokrewne jak: typy, obsługa i naprawy ciągników rolniczych, zastosowanie silników dla celów przemysłowych, konstrukcja i produkcja żórawi i kopaczek, a ponadto dużą uwagę zwrócono na przemysł obrabiarkowy, poprzez praktyki w fabrykach brytyjskich i studia katalogów obrabiarek amerykańskich.

W dziedzinie szkolenia nowych kadr techników udzielano pomocy studentom polskim, studiującym na wydziałach technicznych Uniwersytetu Londyńskiego przez prowadzenie niektórych wykładów i ćwiczeń z przedmiotów konstrukcyjnych i technologicznych. Ponadto zorganizowano Licealny Kurs Mechaniczny dla ponad 40 słuchaczy, z zamiarem przygotowania ich do wyższych studiów technicznych.

W dziedzinie tłumaczenia i wydawnictwa książek technicznych wydano:

7-mio tomowe dzieło ,,Automobile Engineering by H. Kerr Thomas, w języku polskim p.t. ,,Technika Samochodowa", 1-o tomowe dzieło ,,The Elements of Motor Vehicle Design" by C. T. B. Donkin, w jęz. polskim p.t. ,,Podstawy konstrukcji samochodu", oraz 1-o tomowe dzieło ,,Car Maintenance and Repair" by A. W. Judge, w jez. polskim p.t. ,,Obsługa i Naprawa Samochodu".

Poza wyżej wymienionymi, wydana została samodzielna praca z dziedziny opisu mechanizmów samochodowych i obsługi p.t. ,,Vade Mecum Żołnierza Kierowcy"; szereg innych książek i broszur, przeznaczonych dla szkolenia zawodowego rzemieślników i techników-mechaników znajduje się w druku lub w opracowaniu.

Wymienić również należy, wydawnictwa Sekcji Motoryzacyjnej Stowarzyszenia Techników w W. Brytanii, a mianowicie ,,Przegląd Motoryzacyjny" wraz z ,,Biblioteka Przeglądu Motoryzacyjnego", wydawane i redagowane przy pomocy i współpracy Wojskowego Instytutu Technicznego. Zadaniem tego wydawnictwa jest tłumaczenie i wydawanie ciekawych artykułów i prac z obcej prasy technicznej, jak również oryginalnych artykułów i prac techników polskich.

Przestudiowanie szeregu problemów motoryzacyjnych pozwoliło Sekcji Motoryzacyjnej Stowarzyszenia Techników Polskich w W. Brytanii na przygotowanie i zorganizowanie Zjazdu Motoryzacyjnego, który miał miejsce w Londynie w dniach 12, 13 i 14 lutego 1944 r. W zjeździe wzięły udział wszystkie zainteresowane organizacje, a referatami i dyskusją objęto zagadnienia: przemysłu samochodowego, transportu samochodowego, obsługi i napraw, motoryzacji rolnictwa, paliwowe, drogowe i budowlane, prawne, ekonomiczne i wojskowe. Nasze przedwojenne usiłowania pobudzenia rozwoju motoryzacji natrafiały na przeszkody trudne do pokonania. Widoczne wysiłki i rezultaty na jednym odcinku paraliżowane były lub hamowane posunięciami na innych odcinkach życia gospodarczego. Nie było planu na dalszą metę, brakowało również harmonijnej koordynacji wszystkich czynników, składających się na złożone zagadnienie motoryzacji. Organizatorzy Zjazdu, technicy głównie zainteresowani produkcją, przedstawiając plan rozwoju motoryzacji w Polsce, celowo rozszerzyli temat na całokształt zagadnień związanych z motoryzacją, aby z publicznej dyskusji zebrać razem wszystkie myśli, wykazać współzależność między nimi i uzyskać w ten sposób wytyczne dla dalszej pracy.

W rezultacie uchwał zjazdowych i na skutek usilnych starań powstała w październiku 1944 r. Rada Motoryzacyjna, która z najważniejszych zagadnień przepracowała zapotrzebowanie na sprzęt samochodowy i części zamienne, stacje obsługi, warsztaty naprawcze i paliwa, jakie winny wpłynąć do Polski w pierwszym okresie powojennym po przez Lease Lend. U.N.R.R.A. lub z odszkodowań niemieckich; poza tym Rada przeprowadziła dyskusje nad projektem organizacji transportu samochodowego.

Dalsze studia zagadnień motoryzacyjnych uległy ograniczeniu, rozwinięto natomiast akcję doszkalania i szkolenia zawodowego techników i mechaników oraz przygotowywania do druku i wydawania w języku polskim podręczników i książek z działu mechanicznego.

Patrząc wstecz na 5-letni okres studiów motoryzacyjnych należy stwierdzić, że możliwości tych studiów istniały i nadal istnieją, i że w znacznym stopniu zostały przez techników polskich wykorzystane. Żałować jedynie należy, że studia te i praktyki rzadko mogły być uzupełnione doświadczeniem, jakie daje stała praca i odpowiedzialność za produkcję, tym nie mniej były one dla techników naszych, od szeregu lat oderwanych od pracy zawodowej, odświeżeniem ich wiedzy technicznej na przykładach dobrze zorganizowanej produkcji brytyjskiego przemysłu samochodowego i innych dziedzin związanych z motoryzacją.

Przy tej okazji należy zaznaczyć dużą życzliwość i pomoc czynników brytyjskich dla akcji szkolenia techników polskich oraz zrozumienie naszych motywów w dążeniu do utrzymania naszej wiedzy fachowej na poziomie, by w ten sposób przygotować się do pracy przy odbudowie Kraju.

RYNEK SAMOCHODOWY

FRANCUSKI AUTOBUS BEZRAMOWY

(W. F. Bradley, „Bus and Coach"—April—1946.)

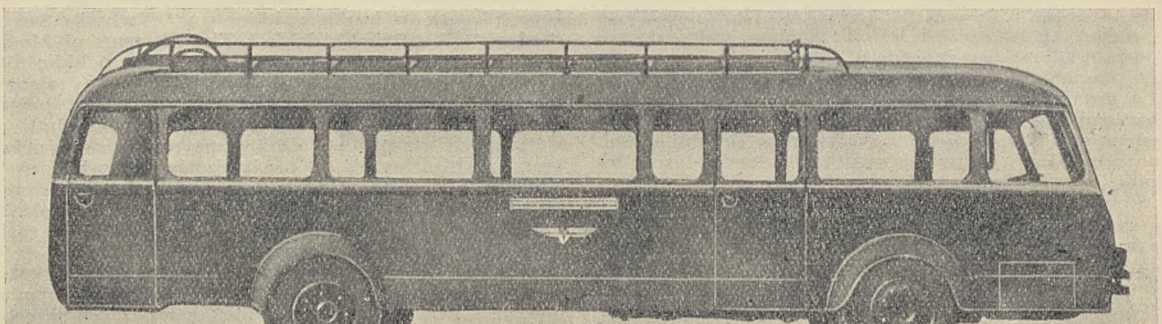
Streścił Inż. L. Śliwowski, W.I.T.

Na liście francuskich marek samochodowych zjawia się po raz pierwszy „Chausson", niegdyś wyrabiający tylko chłodnice, po tym wielko-seryjne zespoły blach nadwoziowych, a obecnie własny typ autobusu o następujących cechach:

rozstaw osi	5.130 mm
całk. długość zewn.	9.982 mm
szerokość zewnętrzna	2.490 mm
wysokość wewn. wozu	1.980 mm
ciężar wozu z max. obciąż.	12 t
w tym:	
ciężar autobusu	5 t
normalne obciążenie	5 t
dopuszcz. przeciążenie	2 t
miejsc siedzących dla	44 osób
gwarancyjna dopuszcz. ilość	65 „
w praktyce często do	100 „
szybkość maksymalna	100 km/godz.
odległ. ham. przy 60 km/godz.	20 m

Autobus Chausson jest konstrukcją bezramową (samonośną). Jest on zbudowany całkowicie z blachy stalowej z elementów o skrzynkowych przekrojach i z płyt stalowych wstępnie naprężonych.

Całość jest spawana punktowo (tylko w czterech miejscach zastosowano spawanie tlenowo-acetylenowe). W całej konstrukcji nie ma ani jednej śruby ani też nita. Jedynymi metalowymi śrubami są te, które mocują części odejmowalne. Tłoczenia z blachy są wykonywane w oddziale firmy w Meudon i przywożone do montowni w Paryżu. Tu na równoległych liniach montażowych nastę-



Rys. 1.
Widok ogólny autobusu Chausson.



Rys. 2.
Wysuwanie silnika celem wymiany lub naprawy.

Dla napędu zastosowano:
a) sześcio-cylindrowy, górno-zaworowy silnik gaźnikowy Hotchkissa o pojemności 6 litrów, lub
b) szybkobieżny zespół dieselowski Panhard & Levassor.

Autobus wyposażony jest w skrzynkę przekładniową firmy Renondin & Lesson o 4-ch biegach wprzód i biegu wstecznym, zamiast której może być również zastosowana ośmio-biegowa elektromagnetyczna skrzynka Cotal'a.

Zespół napędowy, składający się z silnika, sprzęgła i skrzynki biegów jest przymocowany do dwuch rurowych poprzeczek, z których jedna jest na przodzie, a druga na tyle zespołu napędowego. Poprzeczki te są elastycznie umocowane w czterech punktach do „podwozia" przed przednią osią.

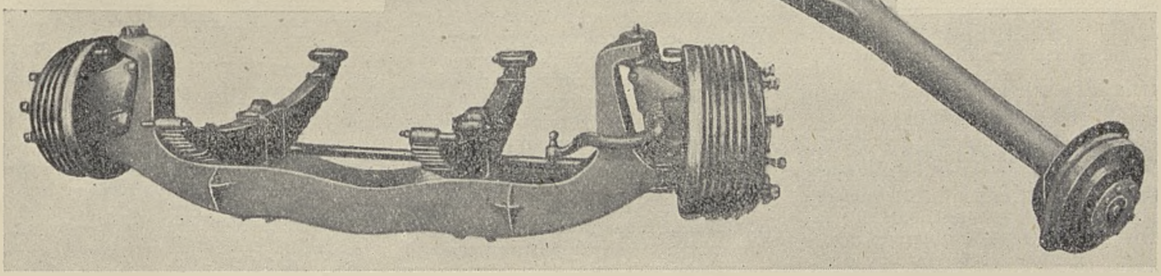
Naprawa lub wymiana zespołu napędowego jest łatwa, gdyż po wykonaniu zwykłych odłączeń, wystarczy odkręcić cztery śruby i cały zespół wraz z chłodnicą wysuwa się do przodu.

Przenoszenie napędu od skrzynki biegów na dyferencjał odbywa się przez przedni nieosłonięty wał napędowy (z przegubami Spicer'a) oraz przez tylny wał napędowy, osłonięty rurą reakcyjną. Rura ta jest wzmocniona trójkątną konstrukcją kratową i elastycznie umocowana do spodu pojazdu.

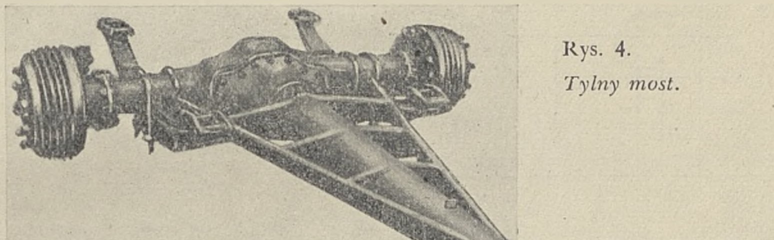
Tylny most w wykonaniu firmy Chenard & Walcker (wykupionej ostatnio przez Chaussona) posiada dwustopniową przekładnię napędu.

Zarówno na przodzie jak i na tyle wozu resory są półeliptyczne.

Przewieszenie „nadwozia" czyli wystawanie nadwozia poza osie jest jednakowe zarówno na przodzie jak i na tyle pojazdu. Przy normalnym pełnym obciążeniu autobusu, rozkład obciążenia na obie osie jest rów-



Rys. 3.
Oś przednia wewnątrz pusta całkowicie spawana wykonana z blachy stalowej.

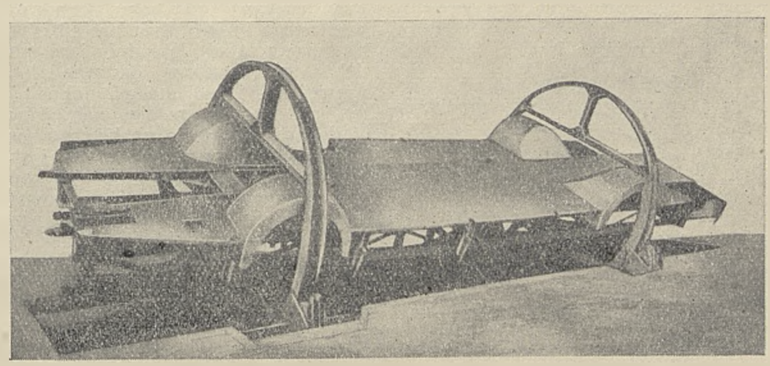


Rys. 4.
Tylny most.

puje składanie, elektryczne spawanie podzespołów na przyrządach i przerzucanie tych podzespołów na równoległą linię montażową, na której składa się i spawa całość autobusu.

Pierwszym na głównej linii montażowej podzespołem jest podłoga z wypukłościami na koła pojazdu, dalej idą słupy, następnie dach, składany i spawany punktowo na osobnej linii montażowej, w specjalnym przyrządzie i przerzucany na główną linię montażową. Boki, dach i podłoga autobusu są o podwójnych ściankach, których powierzchnie wewnętrzne są zabezpieczone od rdzewienia i izolowane akustycznie.

Jedną z wyjątkowych inowacji jest wewnątrz pusta przednia oś wykonana z blachy stalowej i całkowicie spawana. Wygląda ona bardzo masywnie, lecz jest lżejsza od normalnej przedniej osi o podobnej nośności.



Rys. 5.
Podłoga autobusu w obrotowym przyrządzie.

nomierny, dzięki czemu można stosować pojedyncze opony jednakowego wymiaru zarówno na przodzie jak i na tyle.

Hamulce systemu Westinghouse'a z użebrowanymi bębnami hamulcowymi mają szczęki hamulcowe szersze na tylnych kołach (127 mm) niż na przednich kołach (102 mm).

Układ kierowniczy jest wspomagany pneumatycznym servo, lecz w razie braku sprężonego powietrza działa bezpośrednio od koła kierownicy.

Sprężone powietrze ma ponadto zastosowanie do otwierania i zamykania przez kierowcę drzwi autobusu.

Widoczność jest bardzo dobra. Całość budowy przewiduje zastosowanie autobusu przede wszystkim dla komunikacji międzymiastowej.

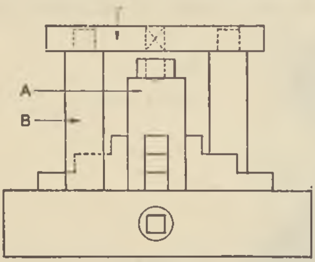
DROBIAZGI TECHNICZNE

WIERCENIE OTWORÓW KWADRATOWYCH

(*„Machine Shop Magazine", Vol. 7, No. 4, April, 1946.*)

Streścił J. H., W.I.T.

Do wiercenia otworów kwadratowych można użyć wiertarki, tokarki lub rewolwerówki. Każda z tych obrabiarek musi być wyposażona w wiertło specjalne i stalowy hartowany szablon, a w niektórych wypadkach również w prosty uchwyt.

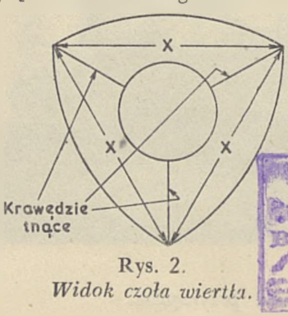


Rys. 1.
Uchwyt i szablon wiertła.

Na rys. 1 pokazane jest wiercenie otworu kwadratowego na wiertarce słupowej w śrubie uchwytu szczękowego. Przedmiot obrabiany „A" jest umieszczony w uchwycie czteroszczękowym. Szablon „C" jest osadzony na dwuch słupkach „B" ponad przedmiotem obrabianym tak, że środek i długości boków kwadratowego otworu szablonu odpowiadają środkowi i bokom otworu wierconego.

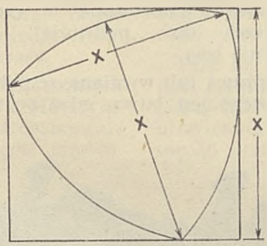
Otwór kwadratowy w szablonie służy równocześnie jako prowadzenie wiertła. Konstrukcja i wykonanie wiertła nie stwarza specjalnych trudności.

Jak wskazuje rys. 2 z wierzchołków trójkąta równobocznego ku środkowi



Rys. 2.
Widok czoła wiertła.

wychodzą trzy krawędzie tnące. Bok X trójkąta równa się bokowi kwadratu wierconego. Zarys zewnętrzny przekroju poprzecznego wiertła powstał z łuków opartych na bokach trójkąta równobocznego, opisanych promieniem X z przeciwległych im wierzchołków.



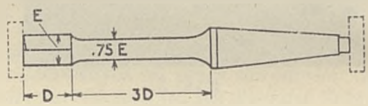
Rys. 3.
Konstrukcja wiertła oraz chwilowe jego położenie w otworze kwadratowym.

Rys. 3 pokazuje wiertło w wykonanym otworze kwadratowym. Na rys. 4 podane są orientacyjne wymiary wiertła specjalnego. Długość roboczej części „D" zależna jest od głębokości otworu wierconego i odległości szablonu od przedmiotu obrabianego. Grubość szablonu nie może być mniejsza od $\frac{1}{2}$ głębokości otworu. Długość trzona wiertła winna wynosić 3D zaś średnica 0,75E (gdzie E jest wymiarem boku kwadratu). Proporcje takie umożliwiają sprężynowanie wiertła w szablonie.

Wykonanie wiertła.

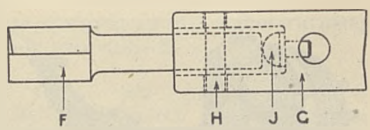
Na końcach wałka, o średnicy dwa razy większej od boku kwadratu wierconego i nieco dłuższego od wiertła, wyznacza się dokładnie jego środek oraz punkty odpowiadające wierzchołkom trójkąta równobocznego celem nawiercenia nakiełków. Wałek umieszcza się na kłach tokarki na pierwszej parze nakiełków i obrabia się, pozostawiając po obu końcach kołnierze. Czynność tę powtarza się trzykrotnie zmieniając parę odpowiadających sobie nakiełków.

Do obrobienia trzonka i chwytu stożkowego wałek umocowuje się w środkowych nakiełkach. W wiertle należy wywiercić osiowy otwór o średnicy równej $\frac{3}{8}$ do $\frac{1}{2}$ średnicy wiertła i o głębokości równej głębokości kwadratowego otworu do wykonania którego wiertło ma służyć. Dalszymi operacjami jest usunięcie kołnierza wiertła, frezowanie ostrzy, hartowanie i częściowo odpuszczanie.



Rys. 4.
Proporcje wymiarów wiertła pozwalające na jego sprężynowanie podczas wiercenia otworu kwadratowego.

Inny rodzaj wiertła do otworów kwadratowych jest pokazany na rys. 5. Wiertło F jest krótsze i zamocowane w trzymaku G. Otwór w trzymaku jest większy od średnicy trzonka. Kołek „H" jest wciśnięty w trzonek wiertła, końce zaś jego są wolne w otworach trzymaka, co zapewnia dostateczny luz przy wierceniu. Opór posuwu wiercenia jest przenoszony przez kołek „I" który opiera się o polerowany koniec wiertła.



Rys. 5.
Wiertło luźne osadzone w trzymaku, samoustawne w kwadratowym otworze szablonu.

Materiał na wiertło.

Dla wiercenia w stali, część robocza wiertła musi być wykonana ze stali szybkotnącej. Dla innych materiałów ze stali narzędziowej węglowej.

Czynności przy wierceniu.

Przez szablon umieszczony ponad przedmiotem obrabianym naznaczamy lekko otwór wiertłem o średnicy równej bokowi kwadratu. Następnie, drugim wiertłem o nieco mniejszej średnicy wiercimy otwór na żądaną głębokość i wykańczamy go wiertłem specjalnym. Wykonany w ten sposób otwór kwadratowy posiada naroża zaokrąglone promieniem równym 0,05 boku kwadratu.

Wiertło musi sprężynować, ponieważ w czasie wiercenia jego oś pionowa porusza się po kole o średnicy równej 0,16 boku kwadratu. W czasie wiercenia należy zwracać baczną uwagę na dokładne smarowanie wiertła i gładkość ścianek otworu kwadratowego szablonu.

OD REDAKCJI

Zawiadamiamy naszych Czytelników, że ze względu na duże koszta druku i papieru jesteśmy zmuszeni ustalić nowe warunki prenumeraty i sprzedaży „Przeglądu Motoryzacyjnego".

Po dokładnej kalkulacji kosztów, związanych z wydaniem 3-ch pierwszych płatnych numerów ustalamy do końca 1946 roku następujące opłaty:

Prenumerata „Przeglądu Motoryzacyjnego" za cały rok 1946 bez względu na miejsce zamieszkania zostaje ustaloną na 15 szylingów, przyczem I-sze półrocze będzie wynosiło 6/-, natomiast II-gie półrocze 9/-.

Cena sprzedaży poszczególnych numerów „Przeglądu Motoryzacyjnego" będzie wynosiła począwszy od Nr. 16 (czerwcowy) 2/-.

Komitet Redakcyjno-Wydawniczy
„Przeglądu Motoryzacyjnego".

BIBLIOTEKA „PRZEGLĄDU MOTORYZACYJNEGO“

Ukazały się następujące tomy Biblioteki „Przeglądu Motoryzacyjnego“ :

Nr. 1 — **A Theegarten, V.D.I.** i **M. Geyer, V.D.I. „FREZOWANIE“** (2 wydania. Cena 4/-, wraz z przesyłką 4/6.

Nr. 2. — **„DRYKOWANIE“** (2 wydania). Cena 4/-, wraz przesyłką 4/6.

Nr. 3. — **„PRODUKCJA WYROBÓW BAKELITOWYCH“** (2 wydania). Cena 4/6, z przesyłką 5/-.

Nr. 4. — **„CHROMOWANIE“** — zastosowanie chromowania celem utrwalenia i uodpornienia na zużycie powierzchni sprawdzianów, narzędzi do skrawania, matryc, form oraz części maszyn. — Cena 4/6, z przesyłką 5/-.

Powyższe broszury są tłumaczeniem wydawnictwa
Machinery „Yellow Back Series“.

W przygotowaniu są następujące dalsze tomy :

„KOŁA ZĘBATE“ — w opracowaniu inż. Z. Kornbergera.

„PRODUKCJA ODKUWEK FOREMNIKOWYCH“ — w opracowaniu inż. J. Malanowskiego.

„TOKARSTWO“ — w opracowaniu inż. Cz. Fałkowskiego.

„PRASY DO PRZEROBU BLACHY“ — w opracowaniu inż. T. Żylińskiego.

Ponadto jest w opracowaniu **„KALENDARZYK PRZEGLĄDU MOTORYZACYJNEGO“.**

Książki można zamawiać wpłacając należność na ręce Skarbnika Komitetu Redakcyjno-Wydawniczego „Przeglądu Motoryzacyjnego“, kol. S. Bissenika (Charleshill near Aberdour, Fife, Great Britain).

Printed by Wm. McLellan & Co. Ltd., 240 Hope Street, Glasgow
for Polish Motor Digest.